GEOMINAS

VOLUMEN 53, N° 94, 2025
Publicación continua

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ISSN: 3006-9467 / 1011-9965 / 0016-7975
Depósitos legales: pp196403BO252 / BO2021000115

Editorial Board

José Herrero Noguerol
Editor-Coordinator
Universidad de Oriente. Venezuela

Enrique Santiago
Editor asistente
Universidad de Oriente. Venezuela

Rubén N. Zambrana M.
Universidad Nacional Siglo XX. Bolivia

Jean Pasquali
Universidad Central de Venezuela. Venezuela

Fernando J. Martínez O.
Universidad de Chile. Chile

Shalimar Monasterio
Universidad del Zulia. Venezuela

Ramón G. Pérez V.
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Cuba

Marco T. Cardozo R.
Universidad Nacional Experimental de Guayana. Venezuela

Williams Méndez
Universidad Técnica de Manabí. Ecuador

Jesús Medina
Universidad Politécnica Territorial del Estado Bolívar. Venezuela

Jesús Ruíz Careaga
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México

María Sindoni
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela

Declaración de ética y mala praxis

Geominas es una revista arbitrada, con alto compromiso en el cumplimiento de los más altos estándares de calidad y ética.
Geominas se esmera en que se mantengan estos estándares durante todas las fases de la publicación así como en todos los procesos post-publicación.
El plagio o cualquier otro comportamiento no ético es rotundamente rechazado por Geominas.
El consejo editorial somete los trabajos recibidos a aplicaciones de detección de plagios, disponibles en-linea.
Todos los involucrados en los procesos de materialización de las ediciones de Geominas aceptan regirse por las normas de comportamiento ético.
Geominas declara los principios de ética y mala práxis expuestos por:

Statement of ethics and malpractice

Geominas is a peer-reviewed journal, with a high commitment to meeting the highest quality and ethical standards.
Geominas strives to maintain these standards during all phases of publication as well as in all post-publication processes.
Plagiarism or any other unethical behavior is strongly rejected by Geominas.
The editorial board will put the received papers through to plagiarism detection applications, available online.
All those involved in the processes of materialization of the Geominas editions agree to abide by the rules of ethical behavior.
Geominas declares the principles of ethics and malpractice set out by:

Declaração de ética e imperícia

Geominas é uma revista com revisão por pares, com alto compromisso em atender os mais altos padrões de qualidade e ética.
A Geominas se esforça para manter esses padrões durante todas as fases de publicação, bem como em todos os processos de pós-publicação.
Plágio ou qualquer outro comportamento antiético é fortemente rejeitado pela Geominas.
O conselho editorial submete as obras recebidas a aplicações de deteção de plágio disponíveis online.
Todos os envolvidos nos processos de materialização das edições Geominas concordam em respeitar as regras de conduta ética.
Geominas declara os princípios de ética e imperícia estabelecidos pelas:

COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors (https://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_Mar11.pdf).

GEOMINAS

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
VENEZUELA

94TH EDITION - VOLUME 53 - 2025

Directive Commitee

Francisco Monteverde, Rosario Rivadulla, Víctor González, Dafni Echeverría, Rodolfo González

Advisory Commitee

Vicente Mendoza, Guillermo Tinoco M., Pedro Elías Lezama P.

Cover
Based on Lozaiga's original 1964 design

Addresses:

Boletín GEOMINAS. Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente. Campo universitario La Sabanita. Ciudad Bolívar. Edo Bolívar. Venezuela.
http://www.revistageominas.com

e-mails:
contactenos@revistageominas.com
papers@revistageominas.com

Peer-reviewed publication

Indexed in:

EBSCO, Latindex, MIAR, BIBLAT, Revencyt, Fonacit, PERIODICA, Scholar Google

ISSN: 016-7975 / 1011-9965 / 3006-9467
Legal deposits: pp 196403BO252 / BO2021000115

Edition financed by:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License

Geominas is an open and continuous technical-scientific publication that is edited by the School of Earth Sciences of the University of Oriente, through the Foundation of Alumni and Friends of the School of Geology and Mines of the University of Oriente (FUNDAGEOMINAS). It has been published since 1964.

Geominas is published with the vision of promoting and stimulating scientific research in geosciences and the environment, and disseminating it to contribute to global knowledge.

Geominas is a multidisciplinary magazine whose specialty is geosciences, its priority topics being geological, mining, geotechnical, natural resources, territorial planning, energy, ecology and environment.

Geominas publishes articles, essays, interviews and original communications, with primacy in the priority areas of the magazine.

The content of each publication is the sole responsibility of its authors, and in no way of **Geominas**, nor FUNDAGEOMINAS, nor the Escuela de Ciencias de la Tierra of the Universidad de Oriente.

The authors have accepted that their contributions to **Geominas** have not been published or sent to other media of any kind.

The authors agree that by sending us their works they are accepting that, if published, it is done under the Creative Commons non-commercial attribution 4.0 international license.

Arbitration Commitee

Raquel Alfaro Fernandois (Universidad de Chile, Chile), **Pío Callejas** (Instituto de Cerámica y Vidrio, España), **Jesús Martínez Martínez** (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España), **Joseph M. Mata Perello** (Universitat Politècnica de Catalunya, España), **Enrique Orche García** (Universidad de Vigo, España), **Juan Carlos Sánchez M.** (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, Venezuela), **Franco Urbani** (Escuela de Geología, Universidad Central de Venezuela), **Ángel Andara** (Universidad de Los Andes, Venezuela), **René Pravia López** (Universidad de Oriente, Venezuela), **Carlos Grús** (Universidad de Oriente, Venezuela), **Iván J. Maza** (Universidad de Oriente, Venezuela), **Julio Pérez** (Universidad de Oriente, Venezuela), **Miguel Ángel Rivas** (Consultor independiente, Venezuela), **Edixon Salazar** (Universidad de Oriente, Venezuela), **Horacio Vera M.** (Universidad de Oriente, Venezuela), **Hilmig Viloria** (Universidad de Oriente, Venezuela).

Content/Contenido/Sumário

Volumen 53, N° 94, 2025

1 **Editorial**

Operaciones geológicas/Geological operations/Operações geológicas

Mejores prácticas para resolver problemas de perforación en la formación Pagüey, Eoceno Medio-Tardío, Subcuenca de Barinas, suroeste de Venezuela.
Best practices for solving drilling problems in the Pagüey Formation, Middle-Late Eocene, Barinas Subbasin, southwestern Venezuela.
Melhores práticas para solução de problemas de perfuração na Formação Pagüey, Eoceno Médio-Superior, Sub-bacia de Barinas, sudoeste da Venezuela.

3 *Edgar Chacín Benedetto*

Petrofísica/Petrophysics/Petrofísica

Determinación de una curva de densidad de matriz variable a partir de la descripción de muestras de canal y estimaciones del contenido de carbón orgánico total (COT) para calibración de modelos de porosidad en yacimientos convencionales y no convencionales.
Determination of a variable matrix density curve from channel sample descriptions and total organic carbon (TOC) content estimates for calibration of porosity models in conventional and unconventional reservoirs.
Determinação de uma curva de densidade de matriz variável a partir de descrições de amostras de canais e estimativas de teor de carbono orgânico total (COT) para calibração de modelos de porosidade em reservatórios convencionais e não convencionais.

13 *Rafael Panesso, Alfonso Quaglia, Edymar Luna, Juan C. Porras, Marlene Villalba*

Legislación/Legislation/Legislação

Análisis de la evolución de los impuestos establecidos en la legislación minera venezolana entre 1832 y 1999, exceptuando los hidrocarburos.
Analysis of the evolution of taxes established in Venezuelan mining legislation between 1832 and 1999, excluding hydrocarbons.
Análise da evolução dos impostos estabelecidos na legislação mineira venezuelana entre 1832 e 1999, excluindo os hidrocarbonetos.

33 *Ángel R. P. Paulo G. C., José Herrero N.*

Estratigrafía/Stratigraphy/Estratigrafia

Probable valle inciso, descrito a través de secciones geológicas, Campo gasífero Santa Rosa, estado Anzoátegui, Venezuela.
Probable incised valley, described through geological sections, Santa Rosa gasfield, Anzoátegui state, Venezuela.
Provável vale inciso, descrito por meio de seções geológicas, campo de gás de Santa Rosa, estado de Anzoátegui, Venezuela.

49 *Edgar Chacín Benedetto*

Estratigrafía/Stratigraphy/Estratigrafia

Estratigrafía del Miembro Medio de la Formación Uaimapué, en el tramo comprendido entre Santa Cruz de Mapaurí y Quebrada de Jaspe, Gran Sabana – estado Bolívar.
Stratigraphy of the Middle Member of the Uaimapué Formation, in the section between Santa Cruz de Mapaurí and Quebrada de Jaspe, Gran Sabana – Bolívar state.
Estratigrafia do Membro Médio da Formação Uaimapué, na seção entre Santa Cruz de Mapaurí e Quebrada de Jaspe, Gran Sabana – estado Bolívar.

63 *Anthony J. Lascano*

Geología del Petróleo/Petroleum geology/Geologia do petróleo

Campos de petróleo y gas descubiertos en Venezuela a partir de 1883.
Oil and gas fields discovered in Venezuela since 1883.
Campos de petróleo e gás descobertos na Venezuela desde 1883.

71 *Edgar Chacín Benedetto*

Editorial

Oportunidades y desafíos del uso de inteligencia artificial (IA)

Es oportuno y de gran interés resaltar hoy la importancia de la Inteligencia Artificial (IA) en los más variados ámbitos de la humanidad y el planeta que habitamos. Para GEOMINAS como medio de difusión digital de las innovaciones y logros científicos y cotidianos alcanzados y futuros, constituye ser una tarea útil y necesaria que nos brinda todo un sin fin de aplicaciones para afrontar los retos y desafíos a nivel global.

La IA es un conjunto de tecnologías que permite a diversos dispositivos electrónicos realizar una variedad de funciones avanzadas, tales como ver, comprender y traducir el lenguaje hablado y escrito, analizar datos, hacer recomendaciones, entre otras más.

Sus innovaciones en la informática moderna aportan valor a particulares y empresas. Constituye un campo muy amplio, abarcando varias disciplinas, entre ellas, informática, estadística y analítica de datos, ingeniería de hardware y software, lingüística, neurociencia, filosofía, psiquiatría. (DPL News, 2024).

Rouhiainen (2018) exponía que entre las diez herramientas básicas de IA más utilizadas había cinco en auge como es el caso de los chatbots para generar texto y responder preguntas, generadores de imágenes y herramientas de traducción automática. Son fundamentales los asistentes virtuales, sistemas de reconocimiento de voz e imagen y tratamiento de análisis predictivo, así como automatización de tareas.

La generación de contenido y conversación mediante ChatGPT y Google Gemini puede responder preguntas, generar texto creativo, ayudar a redactar correos y código e incluso explicar conceptos. (Santanderprivatebanking.com, 2024).

Los 4 tipos de IA son: reactiva, de memoria limitada, de teoría de la mente y autoconsciente. Los cinco pilares de una IA confiable son: explicabilidad, el sesgo y la equidad, la replicabilidad, la sustentabilidad y la transparencia (Universidad Europea, 2024). Los cuatro pilares fundamentales de servicios profesionales son en 2025: Deloitte, PwC, EY, KPMG. Según Stryker (s. f.). Para entender el funcionamiento de la IA es importante tener en cuenta que el paso crucial de su desarrollo y aplicación es la recolección de datos.

Los algoritmos son el núcleo de la IA en las máquinas para efectuar tareas. Los aprendizajes profundo y automático utilizan redes neuronales artificiales y aprendizaje de los datos, respectivamente. (López, s.f.). Ambos procesos requieren muchos cálculos y datos.

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) es esencial, como chatbots con aplicaciones, asistentes virtuales y programas de traducción de idiomas. Finalmente, la toma de decisiones, las máquinas con las medidas que se basan en los datos analizados. Iberdrola (s.f.).

En cuanto a las aplicaciones de la IA, según expertos, puede abarcar increíblemente todo los sectores y problemas. Sobre lo más preocupante , el cambio climático, con tecnologías emergentes su ayuda, según Doerr y Santín (2016) cartografía del derretimiento de los icebergs antárticos en los océanos, mapeo en la deforestación, mide la cantidad de carbono almacenada en un bosque, ayuda a las comunidades vulnerables a los riesgos climáticos en África, utilizando la IA para reciclar más residuos, limpieza del océano, predicción de catástrofes climáticas, elaboración de una lista completa de conjuntos de datos para avanzar en soluciones globales, ayuda a la industria a descarbonizar.

Editorial

Continuation...

Además, ayuda a optimizar las prácticas del agricultor en la siembra, el riego, la fertilización y la protección de los cultivos. (Fundación Junior Achievement, s.f.). Desempeña un papel crucial, a fin de garantizar la calidad, la inocuidad de los alimentos, con algoritmos que permiten detectar defectos en los productos defectuosos, prevenir fraudes alimentarios, verificación de autenticidad (Innovación.cl, 2019).

El grupo de expertos de la ONU (IPCC) en su Informe N° 6, año 2023, sobre el Cambio Climático () alerta que hay 70 % de probabilidad de que el calentamiento global supere los 1,5 °C entre 2025 y 2029. Enfatiza la urgencia de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el calentamiento a 1,5 °C o 2 °C.

Otros avances y logros, se pueden mencionar, diseño/creación de nuevos fármacos (Gómez, 2022), en la astronomía: y desarrollo espacial, analizando las observaciones e identificar cambios y patrones, descifrar rápidamente las imágenes de los telescopios espaciales y las anomalías importantes. (Cemper, 2024).

En medicina y salud, las aplicaciones de la IA son sorprendentes y de vital importancia para la humanidad. En la cirugía ya los logros son de gran precisión y alcances, en particular la robótica. Los robots médicos son máquinas inteligentes, diseñadas en tareas de salud de cirugía de alta precisión hasta la administración de medicamentos. Ofrecen precisión, visión y control. (ITSitio, 2025).

La medicina generativa mediante la terapia promueve la reparación de tejidos afectados por la enfermedad, disfuncionales o lesionados con el uso de células o sus derivados. Se espera poder lograr en el trasplante de órganos y uso de células en lugar de órganos de donantes. En el laboratorio, a partir del propio paciente, la creación de piel y empleo de células madre para regenerar tejidos dañados por quemaduras, envejecimiento o enfermedades.

Se están desarrollando técnicas de bioimpresión 3D y reprogramación celular (IPSC) para crear tejidos más funcionales con folículos pilosos y glándulas sebáceas, con desafíos en cuanto a tumorigenidad y el rechazo inmunológico y la complejidad en la producción a gran escala.

Con la IA la creación de nuevos materiales, con la implementación de estándares internacionales, como OPTMADE han revolucionado este campo. En SINTEF se trabaja para crear materiales de necesidades, llamados de tecnologías limpias sostenibles (baterías, células solares, iluminación LED y biomateriales con la menor cantidad posible de sustancias peligrosas para el medio ambiente y la salud).

Con la invención cuántica en el futuro se espera contar con ordenadores que procesen billones de variables simultáneamente, revolucionar las industrias y expandir los límites de lo posible.

En el sector económico con la IA se tiene potencial de mejorar la eficiencia de la producción, reducir los costos operativos y permitir la creación de productos y servicios.

En el cercano futuro se prevé con la IA generativa, creando contenidos que incluyen texto, imágenes y programación informática, diseño de fármacos, y la ingeniería.

En el sector bancario, la IA se utiliza, tanto en las operaciones internas como las aplicaciones orientadas al cliente, la detección del fraude la gestión del patrimonio y el complemento de la normativa. (Finio, O'Brien y Downie, s.f.).

Continua en la página 87 ...

GEOMINAS

Operaciones geológicas
Geological operations
Operações geológicas

Mejores prácticas para resolver problemas de perforación en la formación Pagüey, Eoceno Medio-Tardío, Subcuenca de Barinas, suroeste de Venezuela

Best practices for solving drilling problems in the Pagüey Formation, Middle-Late Eocene, Barinas Subbasin, southwestern Venezuela

Melhores práticas para solução de problemas de perfuração na Formação Pagüey, Eoceno Médio-Superior, Sub-bacia de Barinas, sudoeste da Venezuela

Edgar Chacín Benedetto[1]

Recibido: 9-3-25; Aprobado: 21-4-25

[1] Geóº, Consultoría GPSI. Correo-e: ejchb1965@gmail.com

Resumen

LA fin de presentar las mejores prácticas para resolver problemas de perforación en la formación Pagüey, se recopilaron 3.000 datos de tasa de penetración durante la perforación de la formación Pagüey a través de 11 pozos de tipo vertical distribuidos en 6 campos petroleros pertenecientes a la subcuenca de Barinas, Venezuela. Los datos se agruparon en tres grupos, en primer lugar, de categoría denominada baja, que representa la ROP menor a 10 pies/hora, media entre 10 y 40 pies/hora y alta, aquella que está compuesta por valores mayores a 40 pies/hora. En este estudio se demuestra que los problemas operacionales causados en la Formación Pagüey, en pozos verticales, se derivan en mayor grado cuando se combinan lodo a base de agua con altas tasas de penetración y que la mejor opción es el lodo base aceite 100 % mineral.

Abstract

To present best practices for resolving drilling problems in the Pagüey Formation, 3,000 ROP data points were collected while drilling the Pagüey Formation through 11 vertical wells distributed across six oil fields in the Barinas sub-basin, Venezuela. The data were grouped into three categories: low, which represents ROPs less than 10 ft/hr; medium, which means values between 10 and 40 ft/hr; and high, which represents values greater than 40 ft/hr. This study demonstrates that operational issues in vertical wells in the Pagüey Formation are more likely to occur when combining water-based mud with high penetration rates, and that the best option is 100% mineral oil-based mud.

Resumo

Para apresentar as melhores práticas para solução de problemas de perfuração na Formação Pagüey, foram coletados 3.000 dados de taxa de penetração durante a perfuração da Formação Pagüey em 11 poços verticais distribuídos em 6 campos de petróleo pertencentes à sub-bacia de Barinas, Venezuela. Os dados foram agrupados em três grupos: primeiro, a categoria baixa, que representa ROP menor que 10 pés/hora; médio, que representa valores entre 10 e 40 pés/hora; e alta, que representa valores maiores que 40 pés/hora. Este estudo demonstra que problemas operacionais em poços verticais na Formação Pagüey são mais prováveis de ocorrer quando se combina lama à base de água com altas taxas de penetração, e que a melhor opção é lama, 100% à base de óleo mineral.

Palabras clave/Keywords/Palabras-chave:

Barinas Sub-basindrilling, Formação Pagüey, formación Pagüey, lama à base de óleo, lodo base aceite, oil-based mud, Pagüey Formation, perforación, perfuração, poços verticais, pozos verticales, rate of penetration, ROP, sub-bacia de Barinas, subcuenca de Barinas, tasa de penetración, taxa de penetração, vertical wells.

Introducción

Para realizar esta investigación se recopilaron los datos de tasa de penetración de la Formación Pagüey en los campos petrolíferos de la Subcuenca de Barinas, Venezuela, Maporal, Silvan, Caipe, Silvestre, Bejucal y Torunos (Figura 1). Adicionalmente, también se obtuvo la información del tipo de mecha/barrena empleada, tipo de lodo de perforación y su densidad.

Estos datos y su análisis, tienen una gran importancia técnico-financiera debido a que, en condiciones normales, la Formación Pagüey que posee entre 1.000 y 3.000 pies de espesor, cuando no se presentan problemas operacionales, el tiempo transcurrido para perforar desde el tope a su base puede oscilar entre un mínimo de 50 horas (con ROP promedio de 30 pies/hora) y un máximo de 96 horas (15,6 pies/hora).

El objetivo de este trabajo es presentar las mejores prácticas y así minimizar los principales problemas operacionales más comunes durante la perforación de esta formación, tales como pegas y arrastres de tubería, lo cual incrementa el tiempo y los costos en la perforación.

Estratigrafía de la Subcuenca de Barinas

La columna estratigráfica penetrada por los pozos del área, está representada por tres períodos: el basamento Pre-Cretácico, rocas ígneo-metamórficas, el cual representa una extensión del escudo de Guayana (Osuna, 1990).

El segundo, corresponde a las rocas sedimentarias del Mesozoico, específicamente el Cretácico, representado por las formaciones Aguardiente, Escandalosa, Navay y Burgüita.

El tercer período, es el de las rocas sedimentarias del Cenozoico y está representado por las formaciones Gobernador, Pagüey (ambos del Eoceno), Parángula y Río Yuca (Mio-Plioceno).

En la figura 2, estos periodos están identificados de base a tope por los colores rojo, verde y amarillo, respectivamente. La Formación Pagüey objeto de este estudio está destacada en color morado (Figura 2)

Formación Pagüey

La figura 3 muestra una sección estratigráfica de la formación Pagüey, donde se puede observar los siguientes miembros en orden estratigráfico:

a) el inferior denominado Miembro Arandia, el cual está compuesto de: lutitas negras depositadas en ambiente de talud, con frecuentes intercalaciones de concreciones dolomíticas,
b) el intermedio, llamado Miembro La California, consiste de una alternancia monótona de areniscas y limolitas gris verdosas, y por último,

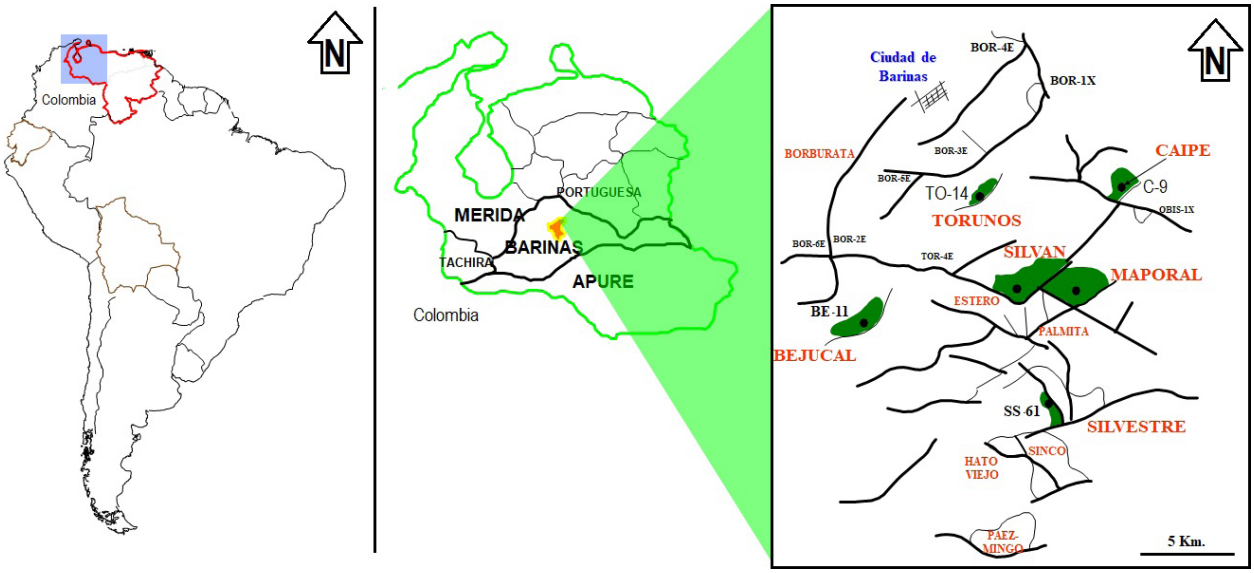


Figura 1. Área de estudio.
Diseño del autor para este trabajo.

Figura 2. Columna estratigráfica de la Subcuenca de Barinas.
Diseño del autor para este trabajo.

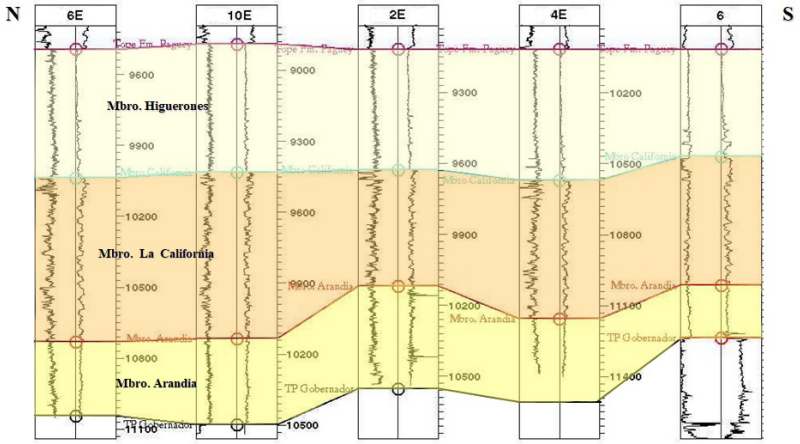


Figura 3. Sección estratigráfica de la Formación Pagüey.
Diseño del autor para este trabajo.

c) el superior o más joven denominado Miembro Higuerones, está compuesto de una alternancia monótona de lutitas y areniscas, (Aguasuelos 1990, en Kiser, 1997).

Su espesor varía entre los 1.000 y más de 3.000 pies, como se puede observar en la figura 4, y donde la circunferencia amarilla envuelve los campos incluidos en este estudio.

La figura 5 muestra el sector estudiado en la subcuenca de Barinas, el cual comprende los campos productores de petróleo crudo de las áreas tradicionales como son: Maporal, Silvan, Caipe, Silvestre y los pertenecientes a Barinas Norte: Bejucal y Torunos, todos situados al sureste y suroeste de la ciudad de Barinas.

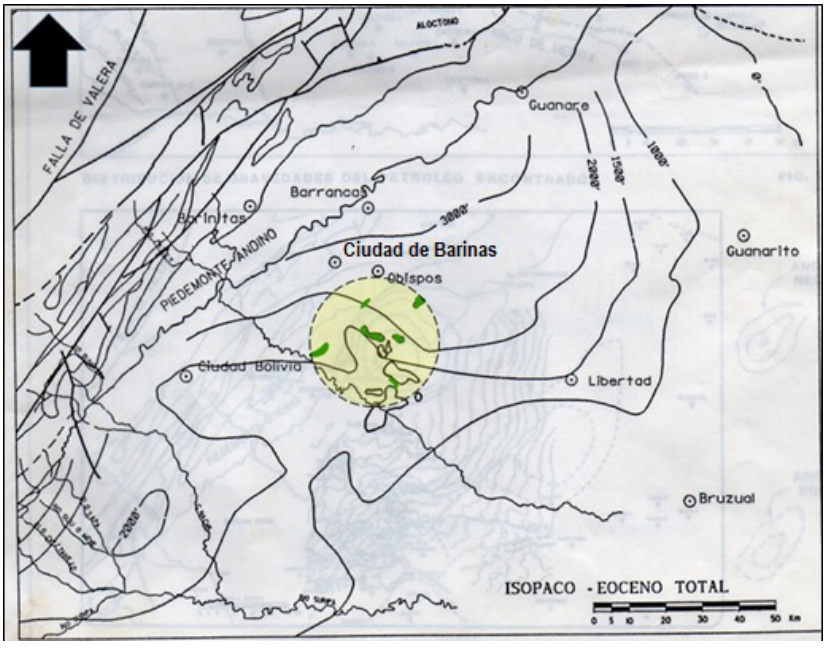


Figura 4. Espesor del Eoceno.
Tomado de Kiser (1967).

Antecedentes

En el pasado, para poder determinar la tasa de penetración, se guiaba a través de un equipo denominado Geolograph (Figura 6-A), un registrador automático de la velocidad de perforación, que carecía de un formato gráfico y asequible de entender para todo público.

Para facilitar la carencia de recursos tecnológicos, tiempo después se diseñó una nueva configuración que permitiría llevar un control detallado de la tasa de penetración, en los pozos de producción de un campo en desarrollo, a intervalos cada 5 pies con la colaboración del perforador de turno (Chacín, 2014).

Se considera un campo en desarrollo como el área prospectiva previamente delimitada y caracterizada para la explotación de hidrocarburos, y la validación del proceso de exploración geofísica se consigue a través de la perforación de varios pozos colindantes que usualmente presentan condiciones

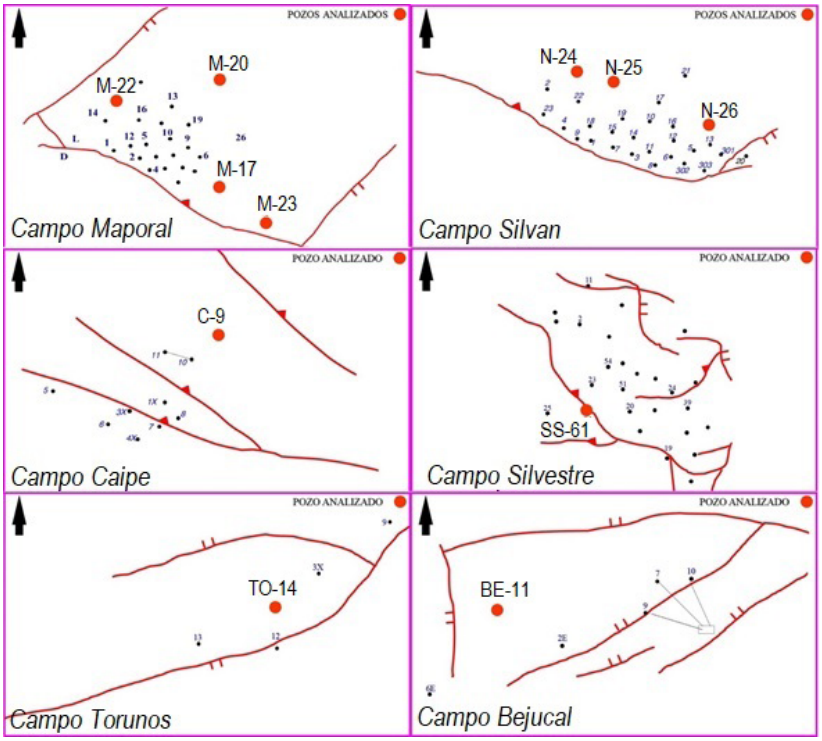


Figura 5. Ubicación de los Campos petrolíferos y los pozos estudiados. Diseño del autor para este trabajo.

geológicas semejantes debido a que se encuentran en una misma cuenca geológica (Hernández, et al.,2015).

La figura 6-B, muestra el formato empleado para la obtención de la información a intervalos de 5 pies, donde cada columna representa una tubería de perforación, cuya longitud varía y está comprendida usualmente entre los 29 y los 32 pies, con 7 casillas verticales, comenzando con Tiempo inicial (Ti) y culminando con el Tiempo Final (Tf).

Se puede observar que en el cuadrante de perforación (Figura 6-C), la marca con una tiza de color amarillo, usando una regla de madera de longitud 5 pies, y a medida que se profundiza, la marca de la tiza amarilla también desciende y al llegar a la base, se visualiza el tiempo, se anotaba en el formato y nuevamente se utilizaba el instrumento de medición para volver a marcar los subsiguientes 5 pies, hasta terminar de perforar.

La tarea descrita es continua, figura 6-C, y simultáneamente se hacía el cálculo de la tasa de penetración con una regla de tres sencilla, por ejemplo: 5 pies se perforaron en 10 minutos, cuanto equivaldrá a 60 min (1 hora), dando como resultado 30 pies/hora.

En la Figura 6-D, por ejemplo, la línea azul del gráfico muestra la variación en la escala de derecha a izquierda, es decir, de 0 a 50 pies/hora.

Donde se distingue en detalle el cambio inesperado de la tasa de penetración es a la profundidad de 10.265 pies, pasando de un promedio de 25 pies/hora a 5 pies/hora, debido al cambio de una formación frágil, ya que la composición lito-

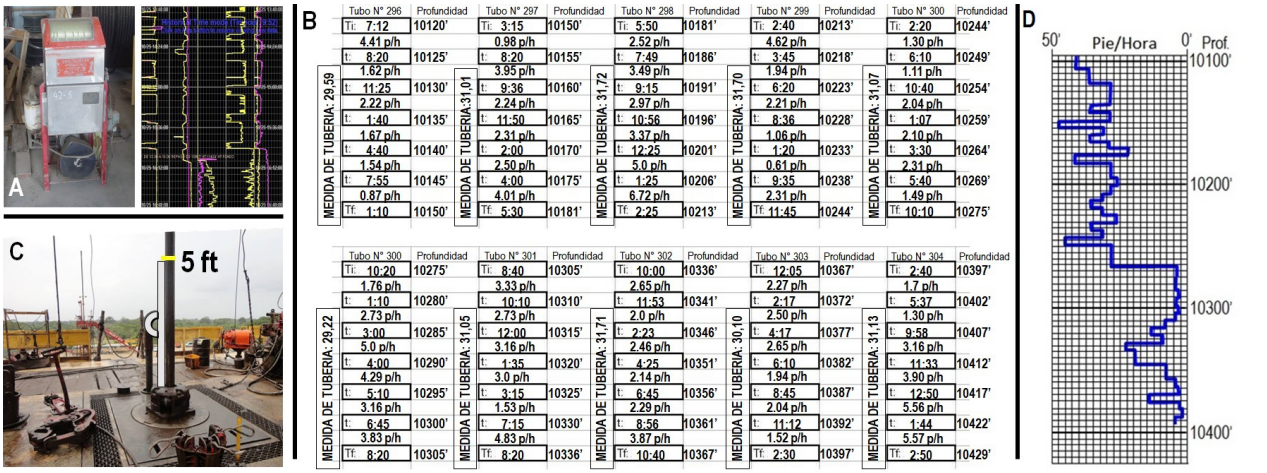


Figura 6. A) Geolograph, B) nueva configuración para llevar control de la ROP, C) Instrumento de medición empleado para medir intervalo de 5 pies en el cuadrante de perforación y D) Gráfico manual de ROP, Campo N.

lógica de ese recorrido son lutitas marinas del Miembro Arandia, y el cambio es a una sección mucho más consolidada compuesta por carbonatos (calizas) pertenecientes a la formación Gobernador.

Es importante detectar este cambio, pues, allí es donde generalmente se coloca el revestidor (casing) intermedio, para asegurar las formaciones Río Yuca, Parángula y Pagüey que equivalen al 90 % de toda la columna que se perfora.

En la década de los 60, las cabinas de Mud Logging permitieron el control más preciso y minucioso de los parámetros de perforación, así como el examen microscópico de los ripios o recortes, a intervalos variables y determinados por el geólogo.

Los datos de dichos parámetros, se obtienen de una serie de sensores electrónicos que son conectados en los equipos de perforación como: presión de bomba, rotaria, peso de la sarta y del lodo, temperatura, torque, entre otros; en consecuencia, son procesados para proporcionar los cálculos de ingeniería que luego son reflejados en forma simplificada y detallada en un registro maestro o Masterlog, logrando reconocer y entender mejor los cambios de formación.

Por regla general, se acuerda el uso de cabinas de Mud Logging, por ejemplo, para pozos exploratorios, pozos HPHT (alta presión y alta temperatura) o en áreas petrolíferas o gasíferas con presiones anormales.

También formaciones con presiones anormales, cuando son atravesadas, complican severamente las operaciones de perforación, geológicas, sísmicas y de ingeniería de petróleo, de allí su inminente demanda.

Sin embargo, en aquellos campos petroleros carentes de estas zonas problemáticas no es necesario contratarlas, ya que incrementa levemente el costo de producción del barril de petróleo, por tanto, las operaciones geológicas pueden ser ejecutadas sin problemas por el geólogo de la compañía; es importante que este profesional recurra a técnicas más sencillas y menos traumáticas para la obtención de los datos para la elaboración de los gráficos operacionales.

A partir de 1992, en la Subcuenca de Barinas, con el desarrollo de software, se introduce la data cruda de la tasa de penetración en Excel, lo que facilitó poder visualizar los cambios de formación y determinar los topes geológicos con el empleo de diferentes escalas (Figura 7).

El objetivo principal de obtener con mayor precisión los topes geológicos es con el propósito de asentar la tubería de revestimiento intermedio en la base de la Formación Pagüey, ya que posteriormente se realiza el cambio de mecha o barrena de perforación, de diamante policristalina (PDC) a una mecha Tricónica, y donde también el lodo es de menor densidad para hacer el menor daño a los yacimientos de las formaciones de interés petrolífero como son Gobernador y Escandalosa.

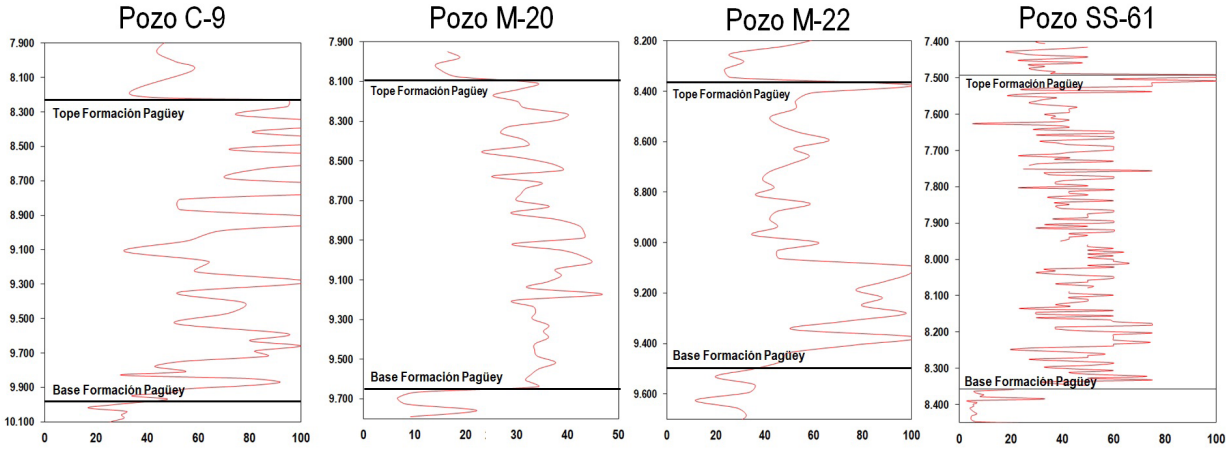


Figura 7. Gráficos de tasa de penetración.
Ilustración del autor para este trabajo.

Metodología

La metodología consistió en recopilar y procesar más de 3.000 datos estadísticos de tasa de penetración provenientes de la Formación Pagüey en pozos que fueron perforados en los campos: Maporal, Silvan, Caipe, Silvestre, Bejucal y Torunos (Tabla I). Luego, estos datos se clasificaron en tres grandes grupos: Baja ROP (menor @ 10 p/h), Media ROP de 10 @ 40 p/h y Alta ROP (mayor @ 40 p/h), como se puede observar en la figura 8.

Resultados

La figura 9 muestra al Grupo # 1, compuesto por los pozos M-17, M-22 y M-23, los cuales fueron perforados empleando lodo base agua durante el tránsito por la Formación Pagüey; las tasas de penetración más resaltantes fueron las de los pozos 22 y 23, los cuales presentaron ROP > 40 p/h, 68,2 % y 89,8 %, respectivamente.

El tiempo de viaje empleado para el reemplazo de la broca PDC por Tricónica, para la perforación de formaciones Gobernador y Cretácicas, que presentan intercalaciones de areniscas, carbonatos y lutíticas, fue de 4 días + 23 horas y 7 días + 16,5 horas, respectivamente, debido a problemas operacionales de arrastres y pegas de tubería.

La figura 10 representa al Grupo # 2, compuesto por los pozos N-24, SS-61 y C-9, se puede observar en este caso, que la tasa de penetración media en todos los pozos supera porcentualmente la ROP y que la densidad del lodo a base de agua se mantiene en un rango similar, no afectando el tiempo para reemplazo de mechas, que se mantiene muy cercano, tal como se muestra en la tabla.

La figura 11 representa al grupo # 3, integrada por los pozos BE-11 y TO-14, se puede apreciar que la tasa de penetración alta, supera porcentualmente a la tasa de penetración media a pesar de observarse un incremento en la densidad del lodo a base de aceite desde 10,6 @ 12,2 lpg, por otra parte, el tiempo empleado para el reemplazo de la broca fue menor a 24 horas, en esta situación se aprecian altas tasas de penetración sin problemas operacionales ni pérdida de tiempo.

En la tabla II se presenta un resumen de los grupos de pozos según sus resultados. En ella se puede observar de manera concluyente las distintas condiciones de perforación que tuvieron estos pozos, los cuales muestran variaciones significativas en escala de tiempo, tasa de penetración y los problemas operacionales.

Tabla I. Comparación de tipos de brocas, tipo de lodo, ROP.
Diseño y estadísticas por Chacín E. para este trabajo.

POZOS	MECHAS	DENSIDAD DE LODO	TIPO DE LODO	< 10 P/H (BAJA)	10 a 40 P/H (MEDIA)	> 40 P/H (ALTA)	TIEMPO DE VIAJE
N-24	PDC (DS40HF)	10.4 @ 11.2	BASE AGUA	3,33 %	77,27 %	19,4 %	1D + 3.5h
N-25	PDC (DS40HF)	10.8 @ 10.9	,,	1,02 %	83,7 %	15,28 %	2D + 23.5 h
N-26	PDC (DS40HF)	11.2	,,	7,06 %	76,63 %	16,31 %	1D + 11.5 h
M-17	PDC (F40MC)	10.5 @ 11	,,	10,07 %	60,51 %	29,42 %	16.5 horas
M-20	PDC (SP137)	10.8 @ 11	,,	0,35 %	75,6 %	24,05 %	2D + 5 h
M-22	PDC (DS40HF)	11.2 @ 11.6	,,	1,44 %	30,33 %	68,23 %	4D + 23,0 h
M-23	PDC (M94K)	11.4 @ 12.0	,,	0 %	10,17 %	89,83 %	7D + 16,5 h
SS-61	PDC (DS40HF)	11 @ 11.3	,,	6,56 %	51,66 %	41,78 %	1D + 4 h
C-9	PDC (M94K)	10.4 @ 11.6	,,	2,43 %	53,53 %	44,04 %	1D + 18.5 h
BE-11	PDC (697 GZ)	10.5 @ 11.9	BASE ACEITE	1,00 %	32,00 %	67,00 %	22,5 horas
TO-14	PDC (MA985 HSPX)	11.5 @ 12.2	,,	6,00 %	15,00 %	79,00 %	16 horas

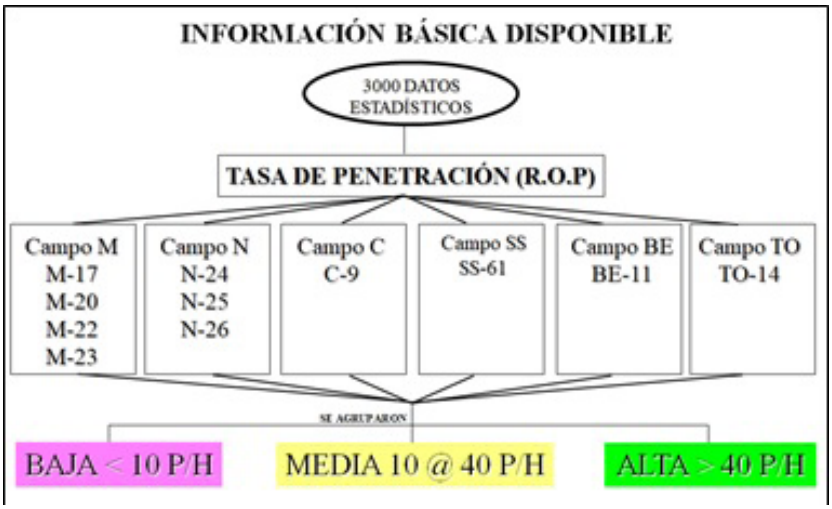
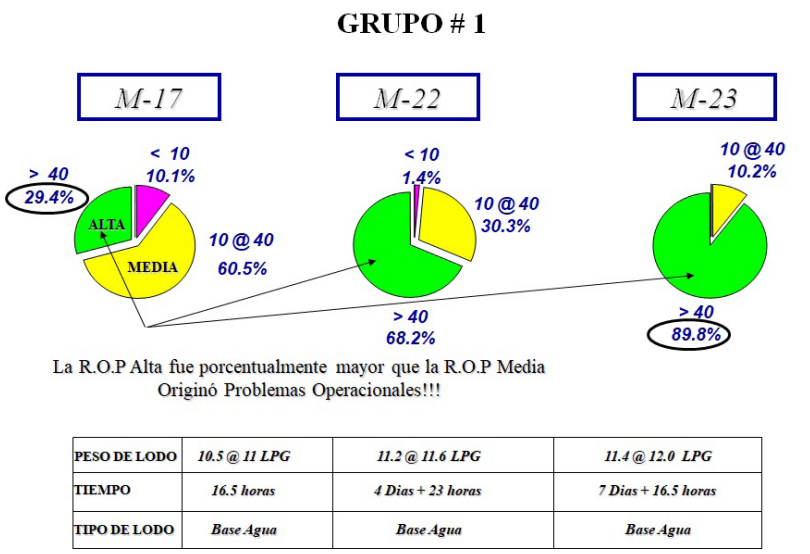
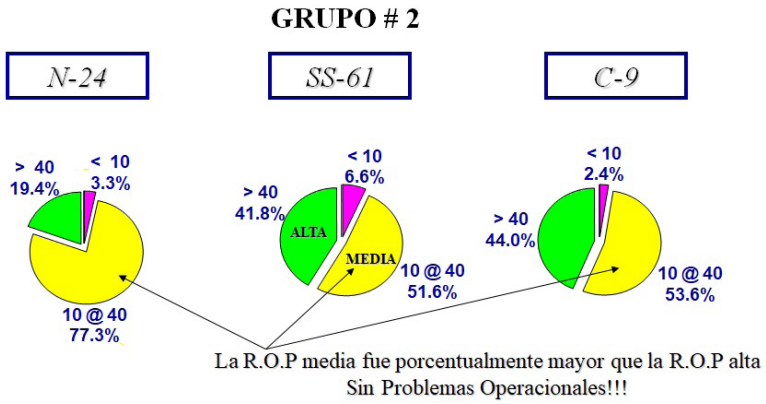


Figura 8. Clasificación según datos preliminares.
Ilustración del autor para este trabajo.



PESO DE LODO	10.5 @ 11 LPG	11.2 @ 11.6 LPG	11.4 @ 12.0 LPG
TIEMPO	16.5 horas	4 Dias + 23 horas	7 Dias + 16.5 horas
TIPO DE LODO	Base Agua	Base Agua	Base Agua

Figura 9. Estadísticas del Grupo # 1.
Diseño y estadísticas por Chacín E. para este trabajo.



PESO DE LODO	10.4 @ 11.2 LPG	11 @ 11.3 LPG	10.4 @ 11.6 LPG
TIEMPO	1 Dia + 3.5 horas	1 Dia + 4 horas	1 Dia + 16.5 horas
TIPO DE LODO	Base Agua	Base Agua	Base Agua

Figura 10. Estadísticas del Grupo # 2.
Diseño y estadísticas por Chacín E. para este trabajo.

Es importante resaltar que en el grupo 3, formado por los pozos TO-14 y BE-11, el tiempo empleado para continuar con la perforación de la formación Gobernador fue menor en relación con los grupos uno y dos; gracias a que no se presentaron problemas o-peracionales, la tasa de penetración predominante fue alta y el tipo de lodo utilizado fue a base de aceite 100 % mineral.

Conclusiones

Tradicionalmente, se conoce que los problemas operacionales más comunes en la formación Pagüey son arrastres, repasos y pegas de tubería, debido a su naturaleza mayormente lutítica.

En este estudio se demuestra que los problemas operacionales causados en la formación Pagüey, en pozos verticales, se derivan en mayor grado cuando se combinan lodo a base de agua con altas tasas de penetración.

Mejores prácticas para minimizar estos problemas operacionales en la formación Pagüey indican que cuando es perforada con lodo 100 % aceite mineral y una menor densidad, la tasa de penetración es mayor y con menor ocurrencia de problemas operacionales.

Esta práctica incide en el tiempo de perforación, en la determinación más precisa del tope geológico esperado de los yacimientos de las formaciones de interés petrolífero, objetivo de la perforación, y por lo tanto en el factor económico de los pozos.

Agradecimientos

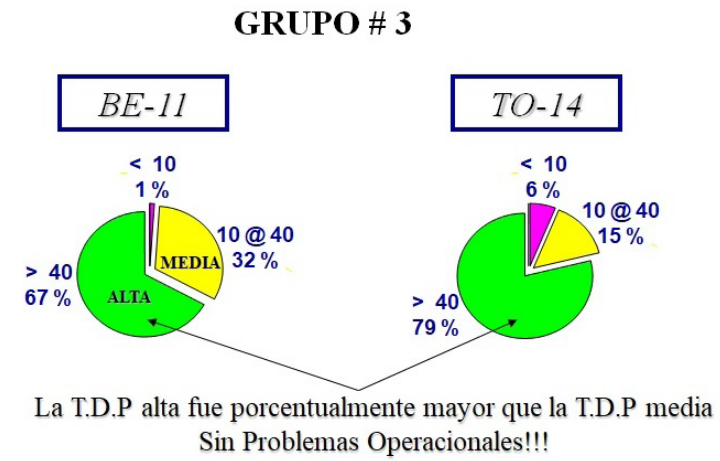
El autor agradece a PhD Francia Galea y MSc Rafael Falcón por sus revisiones y recomendaciones.

Referencias

Aguasuelos Ingeniería, S. C. (1990). Modernización de datos geológicos en el frente de montaña. Vol. III, Estratigrafía/Sedimentología. Corpoven S. A. Informe Inédito, 517 p.

Chacín, E. (2014). Cabinas para muestreo, piedra angular de las actividades geológico operacionales en la Subcuenca de Barinas, Venezuela. Geominas, 42(64)

Hernández, H. D. y D. F. Lemus (2015). Modelo en series de tiempo para la tasa de penetración de un pozo de petróleo de referencia: Caso Puerto Boyacá – Colombia. ing.



PESO DE LODO	*10.6 @ 10.8 LPG*	*11.5 @ 12.2 LPG*
TIEMPO	*22.5 horas*	*16 horas*
TIPO DE LODO	*100 % Aceite Mineral*	*100 % Aceite Mineral*

Figura 11. Estadísticas del Grupo # 3.
Diseño y estadísticas por Chacín E. para este trabajo.

cienc., 11(22), pp. 151–172.
Kiser, G. D. (1967). Guanarito eroional pinch-out, Venezuela. VIIth. World Petrol. Congr., Proc., México, 2: 501-509.
Kiser, G. (1992): Cuencas sedimentarias de Venezuela. Sociedad Venezolana de Geólogos, Boletín, 45: 7-27.
Osuna, S. (1990). Estudio Geológico de la Cuenca Barinas-Apure. Gerencia General de Geología de Corpoven, S.A.

Tabla II. Resumen de los grupos de pozos según sus resultados.
Diseño y estadísticas por Chacín E. para este trabajo.

GRUPO	POZOS	TIPO DE LODO	T.D.P PREDOMINANTE	TIEMPO (dias) 1 2 3 4 5 6 7	PROBLEMAS OPERACIONALES
1	M-17	BASE AGUA	MEDIA		NO
	M-22		ALTA		SI
	M-23		ALTA		SI
2	N-25	BASE AGUA	MEDIA		NO
	SS-61		MEDIA		NO
	C-9		MEDIA		NO
3	BE-11	BASE ACEITE	ALTA		NO
	TO-14		ALTA		NO

GEOMINAS

Conciencia conservacionista

Conciencia conservacionista

GEOMINAS

Petrofísica
Petrophysics
Petrofísica

Determinación de una curva de densidad de matriz variable a partir de la descripción de muestras de canal y estimaciones del contenido de carbón orgánico total (COT) para calibración de modelos de porosidad en yacimientos convencionales y no convencionales

Determination of a variable matrix density curve from channel sample descriptions and total organic carbon (TOC) content estimates for calibration of porosity models in conventional and unconventional reservoirs

Determinação de uma curva de densidade de matriz variável a partir de descrições de amostras de canais e estimativas de teor de carbono orgânico total (COT) para calibração de modelos de porosidade em reservatórios convencionais e não convencionais

Rafael Panesso[1] Alfonso Quaglia[2] Edymar Luna[3] Juan Carlos Porras[4] Marlene Villalba[5]

Recibido: 6-2-25; Aprobado: 2-5-25

[1] IngºGeóº, MSc., Inter Rock Panamerican Colombia. Correo-e: panessor@inter-rock-ca.com
[2] IngºGeóº, PhD., Inter-Rock USA. Correo-e: quagliaa@inter-rock-ca.com
[3] IngºGeóº. Libre ejercicio. Correo-e: luna.edy.10@gmail.com
[4] IngºGeóº, MSc., Inter Rock Panamerican. Correo-e: porrasjc@inter-rock-ca.com
[5] Ing°Petró°, PhD, Inter-Rock, C. A. Correo-e: Villalbam@inter-rock-ca.com

Resumen

Este estudio establece una metodología para calibrar modelos de porosidad en yacimientos mediante una curva de densidad de matriz variable, determinada a partir de la descripción litológica detallada de muestras de canal y la estimación del contenido de COT. Se revisó la literatura sobre la importancia de la densidad de matriz en el cálculo de la porosidad. Utilizando datos de Mudlogging, análisis geoquímicos (Kerógeno, COT) y registros convencionales, se generó la curva de densidad de matriz variable. Con esta curva y el registro de densidad, se calculó la porosidad. También se estimó el volumen de arcilla (rayos gamma) y la saturación de agua (ecuación de Archie). La porosidad calculada con la metodología propuesta se comparó con la obtenida usando una densidad de matriz fija (práctica común) y una densidad variable de un modelo multimineral. Finalmente, se calculó el petróleo original en sitio (POES) por acre-pie para cada caso, comparando la incidencia de las diferentes aproximaciones de porosidad. Los resultados indicaron que el POES aumentó en dos de los tres intervalos evaluados al utilizar la curva de densidad de matriz variable propuesta, en comparación con el uso de una densidad de matriz fija. Esto sugiere que la metodología propuesta contribuye a una estimación más precisa de la porosidad, saturación de agua, espesores útiles y, consecuentemente, del POES.

Abstract

This study establishes a methodology for calibrating reservoir porosity models using a variable matrix density curve, determined from a detailed lithological description of channel samples and an estimate of TOC content. The literature on the importance of matrix density in porosity calculations was reviewed. A variable matrix density curve was generated using mudlogging data, geochemical analysis (kerogen, TOC), and conventional logs. Porosity was calculated using this curve and the log. Clay volume (gamma rays) and water saturation (Archie equation) were also estimated. The porosity calculated with the proposed methodology was compared with that obtained using a fixed matrix density (common practice) and a variable density from a multi-mineral model. Finally, the original oil in place (OIP) per acre-foot was calculated for each case, comparing the impact of the different porosity approximations. The results indicated that the POES increased in two of the three intervals evaluated when using the proposed variable matrix density curve, compared to using a fixed matrix density. This suggests that the proposed methodology contributes to a more accurate estimation of porosity, water saturation, useful thicknesses, and, consequently, the POES.

Resumo

Este estudo estabelece uma metodologia para calibrar modelos de porosidade de reservatório usando uma curva de densidade de matriz variável, determinada a partir de uma descrição litológica detalhada de amostras de canal e uma estimativa do conteúdo de COT. Foi revisada a literatura sobre a importância da densidade da matriz nos cálculos de porosidade. Uma curva de densidade de matriz variável foi gerada usando dados de registro de lama, análise geoquímica (querogênio, TOC) e registros convencionais. A porosidade foi calculada usando esta curva e o log. O volume de argila (raios gama) e a saturação de água (equação de Archie) também foram estimados. A porosidade calculada com a metodologia proposta foi comparada com aquela obtida usando uma densidade de matriz fixa (prática comum) e uma densidade variável de um modelo multimineral. Por fim, o óleo original no local (OIP) por acre-pé foi calculado para cada caso, comparando o impacto das diferentes aproximações de porosidade. Os resultados indicaram que o POES aumentou em dois dos três intervalos avaliados ao utilizar a curva de densidade de matriz variável proposta, em comparação ao uso de uma densidade de matriz fixa. Isso sugere que a metodologia proposta contribui para uma estimativa mais precisa da porosidade, saturação de água, espessuras úteis e, consequentemente, do POES.

Palabras clave/Keywords/Palabras-chave:
Amostras de calha, Contenido de Carbón Orgánico Total (COT), Cuttings, Densidade da matriz variável, Densidad de matriz variable, Muestras de canal, Petrofísica, Petrophysics, Porosidade, Porosidad, Porosity, Teor de Carbono Orgânico Total, Total Organic Carbon (TOC), Variable Matrix Density.

Introducción

La porosidad es una propiedad petrofísica fundamental que define la capacidad de almacenamiento de fluidos en las rocas que conforman los yacimientos hidrocarburíferos.

Su importancia en lo económico está asociada al cálculo de reservas, siendo también importante, desde el punto de vista técnico, en la estimación de los volúmenes porosos para proyectos de inyección de fluidos, en el diseño de la estimulación mediante fracturamiento hidráulico en yacimientos no convencionales en lutitas hidrocarburíferas (YNC), y en general, en los diferentes modelos y simulaciones en el ámbito geológico, geofísico, geomecánico, de yacimientos y de producción.

Existen diferentes métodos para obtener la porosidad: mediante mediciones directas en laboratorio llevadas a cabo en muestras de roca (muestras de canal o ripios de perforación, muestras de pared, muestras de afloramientos o núcleos) y mediante mediciones indirectas y cálculos a partir de registros de pozo tales como resonancia magnética nuclear, densidad, neutrón y sónico.

De los métodos más comúnmente usados en la industria para la estimación de porosidad a partir de los registros de pozos, está el registro de densidad, bien sea solo o combinado con el registro de neutrones, por tal motivo la densidad de la matriz de la roca juega un rol fundamental en el cálculo de porosidad a partir del registro densidad.

Como práctica común en la estimación de la porosidad con el registro de densidad, se tiene el uso de una densidad de matriz fija, por ejemplo 2,65 g/cc en yacimientos siliciclásticos, la cual pudiera realmente variar en función de la composición mineralógica de las rocas que conformen este tipo de yacimientos.

Se identificó la necesidad de generar una curva de densidad de matriz variable que considere los cambios mineralógicos del yacimiento y reduzca la incertidumbre en la porosidad. Para ello, se propone emplear la descripción litológica detallada obtenida de las muestras de canal, información que usualmente está disponible en la mayoría de los pozos.

Adicionalmente, para el caso específico de yacimientos no convencionales (YNC), se sugiere incorporar el volumen de kerógeno. Este se estima a partir de las mediciones del contenido de COT, realizadas también sobre las muestras de canal, para refinar el cálculo de la densidad de matriz variable.

Este estudio se desarrolla en dos fases principales. La primera se enfoca en construir una curva de densidad de matriz variable. Esto se logra ponderando las densidades según los porcentajes de la descripción litológica y el contenido de COT medido en las muestras de canal.

La segunda fase compara los resultados de porosidad. Se contrasta la porosidad obtenida con nuestra curva propuesta frente a la calculada con una densidad de matriz fija y otra variable (de un modelo multimineral). Finalmente, se analiza cómo estas diferencias afectan los cálculos de saturación de agua y reservas.

Los yacimientos en estudio pertenecen a la cuenca de Delaware, subcuenca occidental de la cuenca Pérmica, siendo una de las zonas de perforación más activas en la actualidad en los EE. UU. (Mire y Moomaw, 2017).

La cuenca se caracteriza por una mezcla de rocas heterogéneas compuestas de lutitas, formaciones siliciclásticas, limolitas ricas en compuestos orgánicos y carbonatos (Nester et al., 2014).

Se usó para el estudio un pozo, denominado ‘Pozo Clave-1’, el cual estratigráficamente se ha subdividido convenientemente en tres zonas (A, B y C), las cuales representan características tanto de yacimientos convencionales en areniscas y calizas, como yacimientos no convencionales en lutitas hidrocarburíferas.

La zona A consiste litológicamente en sedimentos clásticos de grano fino y lechos de arenisca más delgados en la parte central, fue interrumpida por numerosas cuñas de carbonato en los bordes de la cuenca, que se extienden como delgadas calizas hacia el centro (Hills, 1984).

La zona B, se caracteriza por la acumulación de calizas detríticas en ambientes de aguas profundas. Al final de este período, la entrada de siliciclásticos domina el escenario de deposición.

Finalmente, la zona C es una unidad compleja que consta principalmente de intervalos de carbonatos arcillosos y lutitas ricas en materia orgánica cerca de los bordes de la cuenca, también se encuentran secuencias espesas de sedimentos ricos en materia orgánica que han sido reconocidos como roca generadora y como objetivo para yacimientos no convencionales (Nance, 2007).

Antecedentes

Del Moro, Anantharamu, Vernik, Quaglia y Carrillo (2020). En su artículo “Seismic petrophysics workflow applied to delaware basin” cuyo flujo de trabajo comprende la estimación de la porosidad a partir de la aproximación de la densidad de matriz variable, utilizando la estimación del contenido de COT mediante el cálculo a partir del método de Passey. Esta metodología y procedimientos utilizados les permitió generar dicho modelo petrofísico para mejorar el conocimiento del reservorio en la determinación de las zonas prospectivas.

Panesso, Quaglia, Alzate y Porras (2023). En su investigación “Integrated petrophysical characterization of hydrocarbon shale unconventional reservoirs using a rock typing approach, case study, Vaca Muerta play, Neuquén basin, Argentina” cuyo objetivo es presentar un flujo de trabajo para un índice de tipo de roca a partir de la caracterización petrofísica en yacimientos no convencionales, y de esta manera clasificar los tipos de roca. Para la definición del mismo se consideraron propiedades como el contenido de COT, la porosidad total, la saturación de hidrocarburos y el índice de fragilidad.

Kraim (2008). En su trabajo de investigación “Caracterización petrofísica del yacimiento SBC-1 (Cretáceo) incorporando los datos de análisis de núcleos convencionales y especiales; campos Santa Bárbara y Pirital” concluyen que la curva de porosidad densidad (PHID) es la que mejor ofrece las estimaciones de porosidad total (PHIT). Además de realizar una evaluación petrofísica completa; es de relevancia para esta investigación, ya que hace referencia a los diferentes registros que pueden ser tomados en consideración en el cálculo de porosidad, dentro de los cuales están: registro de densidad, registro de neutrón, registros sónicos y una combinación entre los registros densidad y neutrón.

Barbato y Quaglia (2023). En su artículo “Porosidad total y efectiva derivadas de los perfiles de densidad y rayos gamma. ¿Cuáles son las insidias y errores más comunes, sus consecuencias y como mitigarlos?”; indican que la porosidad, es un parámetro crítico en la industria petrolera y su determinación ha evolucionado con el tiempo gracias a la incorporación de nuevas herramientas y tecnologías. Es por ello por lo que, en su estudio, los autores revisaron las bases teóricas de cálculos de porosidad a partir del perfil de densidad utilizando data real, aplicándose diferentes métodos para efectuar los mencionados cálculos; concluyendo que las unidades de porosidad pueden variar de 1 a 5, dependiendo de la selección del conjunto de parámetros involucrados.

Metodología

La presente investigación se cataloga como investigación aplicada, ya que, su objetivo principal, tiene una clara aplicación práctica en la exploración y producción de hidrocarburos, debido a que la porosidad, es una propiedad fundamental para la caracterización de los yacimientos.

La población o universo a estudiar se concibe como el espacio del cual se extraerá la muestra que se utilizó en la investigación. Para los propósitos de esta investigación, la población del campo es de 8 pozos, de los cuales se tomó uno como muestra, que servirá como objeto de estudio.

Es importante destacar que, debido a cuestiones de confidencialidad, Inter-Rock se reserva el derecho de publicar los nombres de las empresas, campos y pozos involucrados en el estudio. Para lograr los objetivos del estudio, fue necesario establecer un flujo de trabajo que se muestra en la figura 1.

1. Clasificación de la data disponible y necesaria para cálculos y algoritmos involucrados en la descripción de muestras de canal y estimaciones

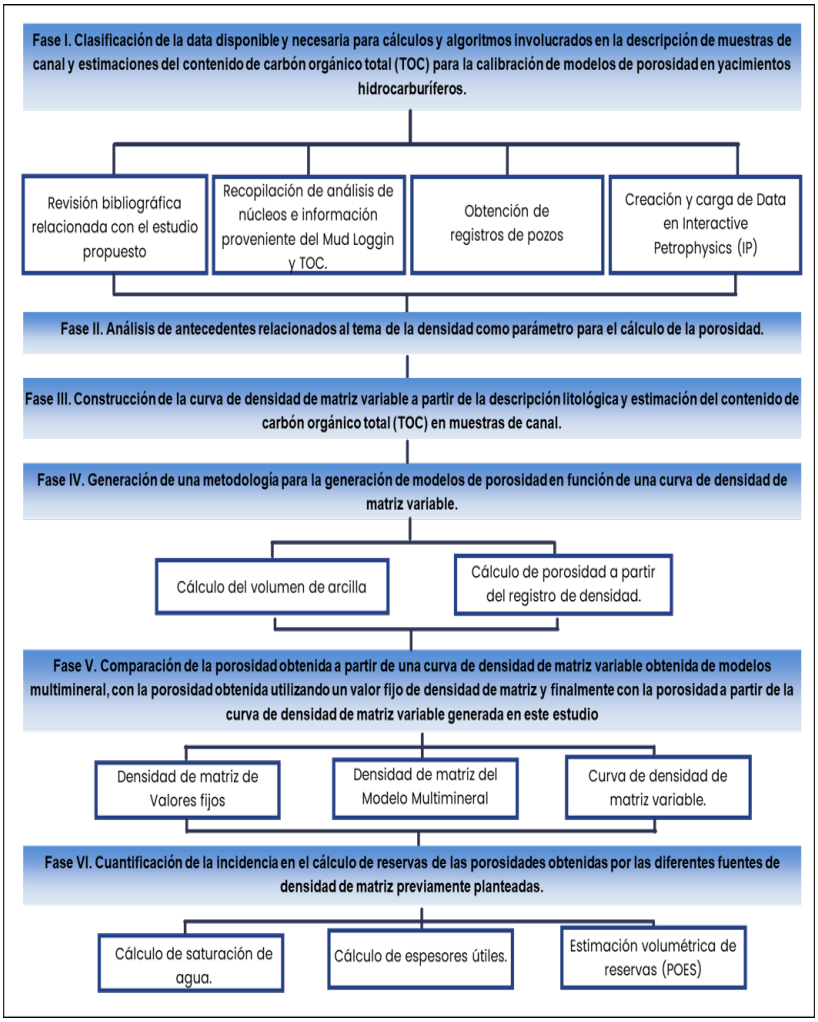


Figura 1. Flujograma de la metodología de trabajo.

del contenido de COT para la calibración de modelos de porosidad en yacimientos hidrocarburíferos. Esta fase incluye la revisión bibliográfica relacionada con el estudio propuesto, la recopilación de los datos para realización del estudio (información de Mudlogging, destacándose la descripción litológica de las muestras de canal, análisis de laboratorio como la determinación del COT y registros de pozos), para la posterior creación del proyecto a partir de la carga de datos en el software Interactive Petrophysics (IP).

2. Análisis de los antecedentes relacionados con el tema de la calibración de modelos de porosidad en función de la naturaleza litológica de la matriz de roca. Se realizó el análisis de antecedentes de estudios previos que abordan la densidad como parámetro fundamental para el cálculo de la porosidad, con la finalidad de identificar las metodologías más precisas, el impacto del COT y la formulación de recomendaciones para la selección de la metodología más adecuada.

3. Construcción de la curva de densidad de matriz variable a partir de la descripción litológica y estimación del contenido de COT en muestras de canal disponibles. En esta fase se utilizaron los datos de la descripción litológica de las muestras de canal y las mediciones del contenido de COT realizado en dichas muestras, para construir la curva de densidad de matriz variable.

Como paso inicial, se incorporaron los porcentajes de COT a los porcentajes de la descripción litológica, para de esta forma incorporar la materia orgánica a la curva de densidad de matriz.

Por no contar con mediciones de porosidad y densidad de grano en las muestras donde fue medio el COT, no se pudo hacer la conversión de COT a kerógeno, por lo cual se asumió que el kerógeno sería proporcional al COT.

En la tabla I se muestra como ejemplo los porcentajes de la descripción litológica y del COT, destacándose que la sumatoria totaliza el 100 %, luego de haberse realizado la distribución proporcional de los porcentajes de litología y el COT/kerógeno, según la ecuación 1.

$$\text{Roca/Compuesto}_{\text{final}} = \frac{\%\ \text{Roca/Compuesto inicial}}{\text{Total de la Sumatoria}} * 100 \qquad (1)$$

Donde: Roca/Compuestofinal es la proporción ajustada para cada una de las rocas/compuestos, % Roca/Compuesto inicial son los porcentajes provenientes de la descripción litológica y del contenido de COT y Total de la Sumatoria, es la suma del porcentaje de cada una de las rocas/compuestos.

Tabla I. Datos parciales de la descripción litológica y COT a partir de muestras de canal.

DEPTH	% Roca/Compuesto Inicial					TOTAL SUMATORIA
	ARENISCA	LUTITA	CALIZA	CHERT	TOC	
FT	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%
9262	66.9	19.1	9.6	0.0	4.5	100.00
9262.5	66.8	19.1	9.5	0.0	4.6	100.00
9263	66.8	19.1	9.5	0.0	4.6	100.00
9263.5	66.7	19.1	9.5	0.0	4.7	100.00
9264	66.6	19.0	9.5	0.0	4.8	100.00
9264.5	66.6	19.0	9.5	0.0	4.8	100.00
9265	66.6	19.0	9.5	0.0	4.9	100.00
9265.5	66.6	19.0	9.5	0.0	4.9	100.00
9266	66.5	19.0	9.5	0.0	4.9	100.00
9266.5	66.5	19.0	9.5	0.0	5.0	100.00
9267	66.5	19.0	9.5	0.0	5.0	100.00
9267.5	66.5	19.0	9.5	0.0	5.1	100.00
9268	66.4	19.0	9.5	0.0	5.1	100.00
9268.5	66.4	19.0	9.5	0.0	5.1	100.00
9269	66.5	19.0	9.5	0.0	5.1	100.00

Finalmente, a partir de los datos de Roca/Compuestofinal se calculó la curva de densidad de matriz variable (RHOMAVAR), utilizando la ecuación 2. En la tabla II se presentan, como ejemplo, tanto los datos de Roca/Compuestofinal como la RHOMAVAR.

$$RHOMA_{VAR} = \sum Roca/Compuesto_{final\,1} * \rho_1 + Roca/Compuesto_{final\,2} * \rho_2 + Roca/Compuesto_{final\,3} \quad (2)$$

Donde: RHOMAVAR es la densidad de matriz variable (g/cc), Roca/Compuestofinal 1,2,3… son los porcentajes de cada roca/compuesto resultantes de la ecuación 1, y ρ1,2,3… son la densidad de cada roca/compuesto en g/cc (tabla III).

A continuación, en la figura 2, se presenta para el Pozo Clave-1, en la pista 'RHOMA VAR', la curva de densidad de matriz variable generada a partir de la ecuación 2, como se puede observar la variación de la densidad de matriz es función de la variación de la descripción litológica y del contenido de COT como se presenta en la pista 'DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA'

Tabla II. Ejemplo % Roca/Compuestofinal y RHOMAVAR.

DEPTH	% Roca/Compuesto Final					RHOMA VARIABLE
	ARENISCA	LUTITA	CALIZA	CHERT	TOC/KEROGENO	
FT	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	gr/cc
9262	66.9	19.1	9.6	0.0	4.5	2.61
9262.5	66.8	19.1	9.5	0.0	4.6	2.61
9263	66.8	19.1	9.5	0.0	4.6	2.61
9263.5	66.7	19.1	9.5	0.0	4.7	2.61
9264	66.6	19.0	9.5	0.0	4.8	2.61
9264.5	66.6	19.0	9.5	0.0	4.8	2.61
9265	66.6	19.0	9.5	0.0	4.9	2.61
9265.5	66.6	19.0	9.5	0.0	4.9	2.61
9266	66.5	19.0	9.5	0.0	4.9	2.61
9266.5	66.5	19.0	9.5	0.0	5.0	2.61
9267	66.5	19.0	9.5	0.0	5.0	2.61
9267.5	66.5	19.0	9.5	0.0	5.1	2.61
9268	66.4	19.0	9.5	0.0	5.1	2.61
9268.5	66.4	19.0	9.5	0.0	5.1	2.61
9269	66.5	19.0	9.5	0.0	5.1	2.61

4. Metodología para la generación de modelos de porosidad a partir del uso de una curva de densidad de matriz variable.

En esta fase se estimó inicialmente el volumen de arcilla para posteriormente estimar la porosidad total y la efectiva,

Tabla III. Valores de densidad para cada Roca/Compuesto presentes en la formación.

ROCA/COMPUESTO	DENSIDAD gr/cc
CHERT	2.67
CALIZA	2.71
LUTITA	2.75
ARENISCA	2.65
TOC/KEROGENO	1.30

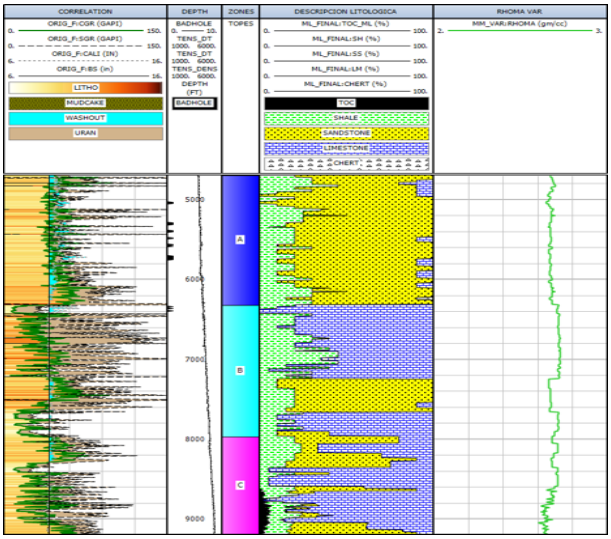


Figura 2. Curva de densidad de matriz variable (RHOMAVAR) – Pozo Clave-1

esta última corregida en función del volumen de arcilla, como se detalla a continuación.

4.1. Cálculo del volumen de arcilla.

La correcta estimación del volumen de arcilla es una tarea fundamental en el desarrollo del modelo petrofísico, dado que la curva resultante será utilizada posteriormente para corregir los modelos de porosidad y saturación de agua por efectos del agua ligada a la arcilla (clay bound water).

Es importante destacar que la curva obtenida, VCLAY, representa el volumen de arcilla (mineral - VCLAY) y no el volumen de lutita (roca - Vshale: mezcla de minerales arcillosos, finos no arcillosos y pequeños fragmentos de otros minerales).

La arcillosidad, o volumen de arcilla, se determinó a partir de la curva de Rayos Gamma Corregida – sin efecto del uranio (CGR), proveniente del registro Rayos Gamma Espectral; utilizando el modelo no lineal de Larionov para rocas viejas 'Larionov Older Rocks', considerando que las formaciones en estudio son del Pérmico en la era Paleozoica, realizándose el cálculo de VCLAY usando la ecuación 3.

$$VCLAY = 0{,}333\,(2^{2*IGR} - 1) \qquad (3)$$

Siendo VCLAY el volumen de arcilla e IGR el índice de arcillosidad a partir del perfil rayos gamma, expresado por la ecuación 4:

$$IGR = \frac{GR_{leido} - GR_{clean}}{GR_{shale} - GR_{clean}} \qquad (4)$$

Donde, GRleído es el valor del perfil rayos gamma leído en el registro (API), GRclean es el valor de la línea limpia (no arcillosa) a partir del perfil rayos gamma (API) y GR-shale es el valor de la línea de lutita (arcillosa) a partir del perfil rayos gamma (API).

Es importante destacar el uso de la curva CGR (sin efecto del uranio), para el cálculo del volumen de arcilla, sobre todo en la zona C, la cual es rica en kerógeno y por lo general está asociado a la presencia de uranio, que aumenta las lecturas del registro rayos gamma.

En la figura 3 se presenta el gráfico donde se observa la corrección no lineal (modelo 'Larionov Older Rocks'), en línea azul discontinua, para obtener el volumen de arcilla a partir del IGR.

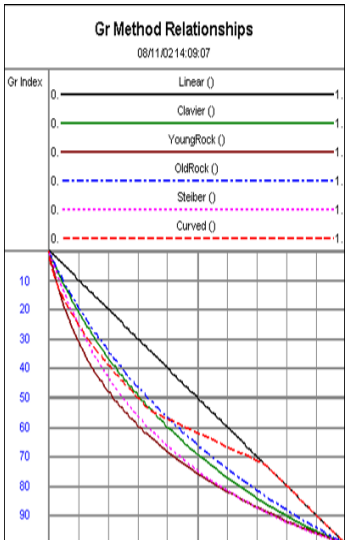


Figura 3. Modelos Volumen de Arcilla vs. Índice de Gamma Ray.
Fuente: (Lloyd's Register Digital Products Limited, 2021)

En la figura 4 se presenta para el Pozo Clave-1, la estimación del volumen de arcilla para las 3 zonas del pozo, en la pista 'Gamma Ray' se observa la curva CGR, y en la pista 'Vclay's" el volumen de arcilla calculado a partir de la ecuación 3.

4.2. Cálculo de porosidad a partir del registro densidad.

Como parte fundamental de los objetivos de este estudio, está la estimación

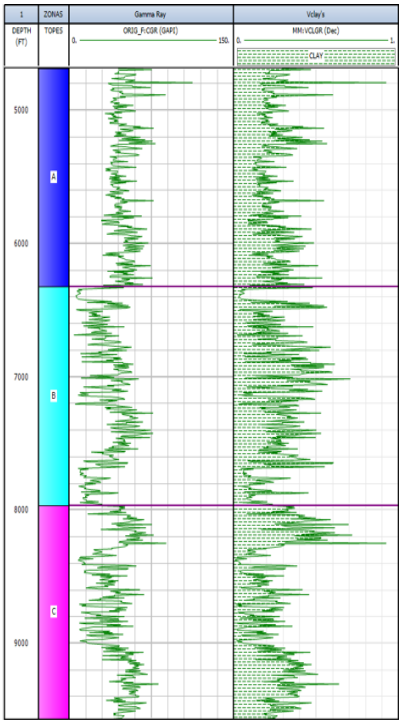


Figura 4. Cálculo del volumen de arcilla a partir del registro GR – Pozo Clave-1.

de las porosidades total (PHIT) y efectiva (PHIE), utilizando la curva de densidad de matriz variable generada en este proyecto y comparándola con las porosidades obtenidas usando una densidad de matriz fija y usando una densidad de matriz variable producto de la aplicación de un modelo multimineral.

Para la estimación de la porosidad a partir del registro densidad se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$\emptyset_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b - V_{clay}(\rho_{ma} - \rho_{wetclay})}{\rho_{ma} - \rho_{fl} * S_{xo} - \rho_{HyAp} * (1 - S_{xo})} \quad (5)$$

$$\rho_{HyAp} = 2 * \rho_{hden} \frac{10 - 2{,}5 * \rho_{hden}}{16 - 2{,}5 * \rho_{hden}} \quad (6)$$

Donde ΦD es la porosidad del densidad, ρma es la densidad de la matriz, ρb es la densidad leída del registro, ρwetclay es la densidad de la arcilla húmeda, ρfl es la densidad del filtrado de lodo, ρhden es la densidad del hidrocarburo conocida, ρHyAp es la densidad de hidrocarburo aparente, Vclay es el volumen de arcilla húmeda (VWCL) y Sxo es la saturación de agua en la zona lavada.

La porosidad efectiva se estimaría a partir de la siguiente ecuación:

$$\emptyset_e = \emptyset_T - V_{clay} * \emptyset_{tclay} \quad (7)$$

Donde Φe es la porosidad efectiva, ΦT es la porosidad total a partir del perfil densidad según la ecuación 5, Vclay es el volumen de arcilla húmeda y Φtclay es la porosidad total de la arcilla (8-10 % en promedio para este estudio).

5. Comparación de la porosidad obtenida a partir de la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio con aquellas obtenidas de modelos multimineral, a partir de registros de pozos, y utilizando un valor fijo de densidad de matriz, práctica "común" en la evaluación petrofísica.

En esta fase se va a comparar los resultados de la porosidad a partir del uso de la curva de densidad de matriz variable generada en este estudio, con dos fuentes de densidad de matriz comúnmente usadas en la industria.

En la tabla IV se presentan los tres modelos, definidos en función de la fuente a partir de la cual se obtuvo la densidad de matriz, así como la nomenclatura usada en lo sucesivo para identificar cada modelo.

Tabla IV. Nomenclatura usada para cada modelo en función de la fuente de densidad de matriz usada para el cálculo de porosidad.

MODELO (FUENTE DENSIDAD DE MATRIZ)	NOMENCLATURA MODELO
CURVA DE DENSIDAD DE MATRIZ VARIABLE (ESTUDIO)	MM_VAR
DENSIDAD DE MATRIZ CON VALORES FIJOS	MM_FIJO
DENSIDAD DE MATRIZ DE MODELO MULTIMINERAL	MM

5.1. Curva de densidad de matriz variable

Este modelo es representado por la curva de densidad de matriz variable generada a partir de este estudio, mostrado en la figura 2, utilizando la ecuación 2, de acuerdo con lo desarrollado en el numeral 3.

Es importante resaltar, que debido a la variedad de arcillas y por ende la amplia gama de sus densidades, para este estudio fue utilizado un valor de densidad de lutita de 2,75 g/cc (como se presentó en la tabla III), el cual se estimó a partir del gráfico torio – potasio del registro rayos gamma espectral (figura 5), donde se evidenció el predominio de las arcillas de alta densidad como la Illita y Clorita, las cuales tienen valores de densidad en el rango de 2,71-2,78 g/cc, dichos valores fueron promediados para considerar el dato usado.

5.2. Densidad de matriz con valores fijos

El modelo de densidad de matriz con valores fijos es quizás, el más utilizado en evaluaciones petrofísicas para el cálculo de porosidad utilizando el registro de densidad, considerándose el valor de la densidad del mineral predo-

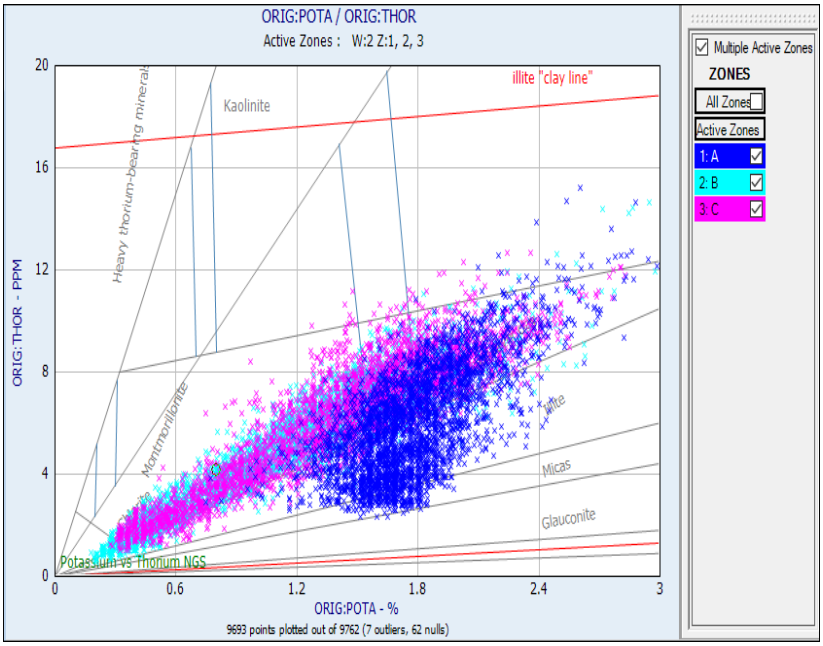


Figura 5. Gráfico Torio – Potasio – Identificación Tipos de Arcilla.

minante como la densidad de matriz a utilizar para la formación o intervalo a evaluar.

En la tabla V se presentan los valores de densidad de matriz fijos usados para el cálculo de porosidad en las zonas A, B y C.

Tabla V. Densidad de matriz por zona – Valores fijos.

ZONAS	DENSIDAD DE MATRIZ (gr/cc)
A	2.65
B	2.71
C	2.71

5.3. Densidad de matriz del modelo multimineral

Con el propósito de cuantificar los principales minerales que conforman la matriz limpia de las zonas en estudio, se utilizó un modelo multimineral determinístico comercial, incluido en el software 'Interactive Petrophysics – IP' que se explicará a continuación, el cual se basa en los perfiles de densidad (RHOB), neutrón (NPHI) y factor fotoeléctrico (PEFZ), y que a su vez se calibró con la descripción litológica de las muestras de canal.

Adicional a lo anterior, a partir de los volúmenes de minerales estimados de este modelo, se determinó de forma más precisa la densidad de matriz (ρma), parámetro indispensable para el cálculo de porosidad a partir del registro densidad según la ecuación 5.

El modelo multimineral desarrollado en este estudio aportó los volúmenes de cuarzo y carbonatos (calcita y dolomita), mientras que el volumen de arcilla proviene del cálculo a partir del perfil de rayos gamma según la ecuación 3, el volumen de COT (kerógeno) a partir del método de superposición de Passey (Passey et al., 1990) y aplicando el factor de conversión para llevar de COT (wt%) a volumen de kerógeno (2,8 v/v / wt% para este estudio) y el volumen de minerales pesados a partir de la relación empírica de Jiang, que se obtiene de multiplicar el COT (wt%) por 0,357 (Jiang et al., 2017).

Modelo multimineral a partir de UmatrixApp y RhomatrixApp

A partir de las curvas de factor fotoeléctrico y densidad se calculan los valores de la sección transversal fotoeléctrica (U):

$$U = PEF(\rho_b + 0{,}1883)0{,}93423 \quad (8)$$

$$U_{clay} = PEF_{clay}\left(\rho_{wetclay} + 0{,}1883\right)0{,}93423 \quad (9)$$

$$U_{water} = 0{,}00481\ Salinity\ +\ 0{,}3883 \quad (10)$$

$$U_{hyd} = 0{,}119\ \rho_{hden} \quad \text{(para gas)} \quad (11)$$

$$U_{hyd} = 0{,}133\ \rho_{hden} \quad \text{(para petróleo)} \quad (12)$$

Luego UmatrixApp se determina a partir de:

$$U_{matrixApp} = \frac{U - V_{clay}\,U_{clay} - \emptyset_{ND}\left(U_{water}Sxo + U_{hyd}(1 - Sxo)\right)}{1 - \emptyset_{ND} - V_{clay}} \quad (13)$$

Donde UmatrixApp es la sección transversal fotoeléctrica de matriz aparente, U es la sección transversal fotoeléctrica, Uclay es la sección transversal fotoeléctrica para la arcilla, Uwater es la sección transversal fotoeléctrica para el agua, Uhyd es la sec-

ción transversal fotoeléctrica para el hidrocarburo, PEF es la curva de factor fotoeléctrico, ρb es la densidad de la formación, Vclay es el volumen de arcilla, PEFclay es el valor del factor fotoeléctrico para la arcilla, ρwetclay es la densidad de la arcilla húmeda, Salinity es la salinidad del agua de formación en partes por millón equivalentes de cloruro de sodio, ρhden es la densidad del hidrocarburo, ϕND es la porosidad densidad – neutrón y Sxo es la saturación de agua en la zona lavada.

Para calcular ϕND para un modelo multimineral (cuarzo/caliza/dolomía) con matriz de densidad variable, se calcula la porosidad para cada litología a partir de los perfiles densidad y neutrón basándose en la densidad de la matriz (ρma) se seleccionan dos litologías (arenisca/caliza para ρma < 2,71 g/cc o caliza/dolomía para ρma 2,71 g/cc) y se calculan 4 porosidades utilizando los valores de matriz para las dos litologías, tanto con el perfil densidad como con el perfil neutrón para finalmente calcular la porosidad combinada densidad – neutrón como sigue:

$$\emptyset_{ND} = \emptyset_{D1} + \frac{\emptyset_{N1} - \emptyset_{D1}}{1 - \frac{(\emptyset_{N1} - \emptyset_{N2})}{(\emptyset_{D1} - \emptyset_{D2})}} \quad (14)$$

Donde ϕND es la porosidad combinada densidad – neutrón, ϕN1 y ϕN2 son las porosidades neutrón para las litologías 1 y 2, ϕD1 y ϕD2 son las porosidades del registro densidad para las litologías 1 y 2. Si en la ecuación de porosidad del registro densidad (ecuación 15) se sustituye la ϕD con la ϕND obtenida de la ecuación 14 y se despeja ρma, se obtendría el valor de RhomatrixApp.

$$\emptyset_D = \frac{\left(\rho_{ma} - \rho_b - V_{clay}(\rho_{ma} - \rho_{wetclay})\right)}{\left(\rho_{ma} - \rho_{fl}S_{xo} - \rho_{HyAp}(1 - S_{xo})\right)} \quad (15)$$

Donde ϕD es la porosidad total del perfil densidad que en este caso será sustituida por ϕND, ρma es la densidad de la matriz que en este caso se despejara como RhomatrixApp, ρb es la densidad leída del registro, Vclay es el volumen de arcilla húmeda, ρwetclay es la densidad de la arcilla húmeda, ρfl es la densidad del filtrado de lodo, ρHyAp es la densidad del hidrocarburo aparente (ecuación 6) y Sxo es la saturación de agua en la zona lavada.

Las curvas UmatrixApp y RhomatrixApp se corrigieron en función de los volúmenes de kerógeno (Vker) y minerales pesados (VolHvyMin), considerando además los valores de densidad del kerógeno (ρker) y de los minerales pesados (ρhvy), así como los valores para la porosidad neutrón en el kerógeno (Neuker) y en los minerales pesados (NeuHvy).

Para el caso de tres minerales, se resuelven las siguientes ecuaciones para obtener los volúmenes de cada mineral:

$$Rho_{matrixApp} = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3 \quad (16)$$

$$U_{matrixApp} = U_1 V_1 + U_2 V_2 + U_3 V_3 \quad (17)$$

$$1 = V_1 + V_2 + V_3 \quad (18)$$

Donde UmatrixApp y RhomatrixApp son la sección transversal fotoeléctrica de matriz aparente y la densidad de matriz aparente respectivamente, ambas corregidas en función del contenido de materia orgánica y minerales pesados, ρ1, ρ2 y ρ3 son las densidades de matriz de los minerales considerados (puntos finales ρma en el diagrama ternario cuarzo/calcita/dolomita mostrado en la figura 6, U1, U2 y U3 son los valores de sección transversal fotoeléctrica de matriz de los minerales considerados (puntos finales Uma en el diagrama ternario cuarzo/calcita/dolomita mostrado en la figura 6, y V1, V2 y V3 son los volúmenes de minerales secos resultantes.

Luego, la densidad de matriz (ρma) para el cálculo de porosidad con el perfil densidad según la ecuación 5, se realizó a partir de la ecuación 19, lo cual es más representativo de las variaciones mineralógicas de la matriz que utilizar un valor fijo para ρma.

$$\rho_{ma} = \rho_{true1} V_1 + \rho_{true2} V_2 + \rho_{true3} V_3 \quad (19)$$

Donde ρma es la densidad de matriz (variable), ρtrue1, ρtrue2 y ρtrue3 son las densidades verdaderas de los minerales (cuarzo 2,65 g/cc, calcita 2,71 g/cc y dolomita 2,85 gr/cc) y V1, V2 y V3 son los volúmenes de minerales secos resultantes.

En la figura 7, se presenta para el Pozo Clave-1, en la pista 'RHOMA VAR', las tres curvas de densidad de matriz usadas para la estimación de la porosidad y posterior comparación, en color rojo la densidad de matriz con valores fijos de acuerdo con la litología predominante (tabla V), en color azul la curva de densidad de matriz producto de la aplicación del mode-

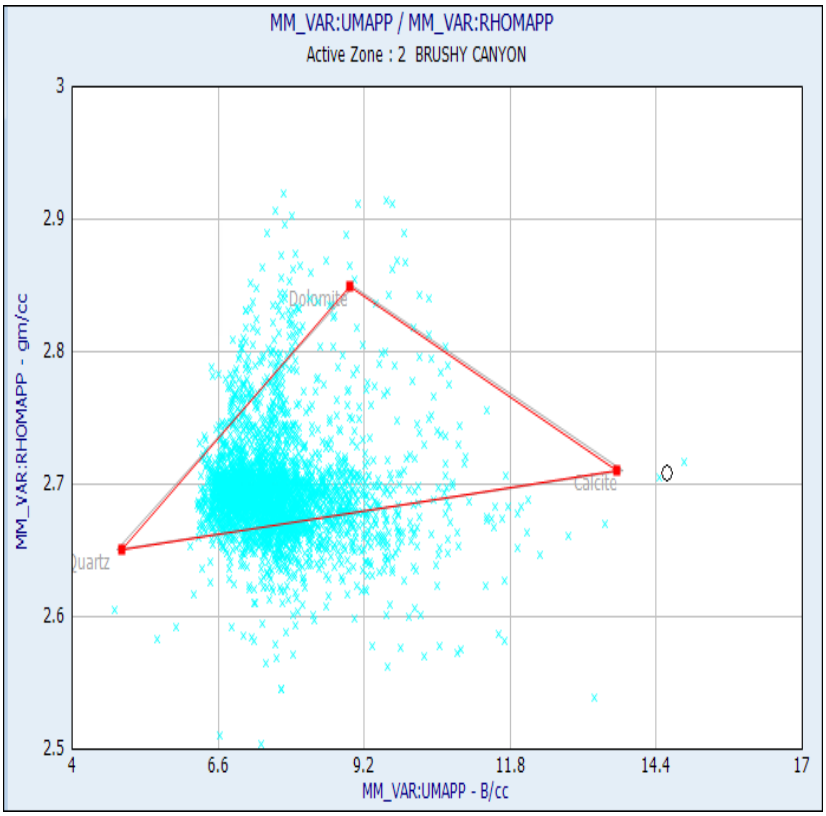


Figura 6. Diagrama ternario cuarzo/calcita/dolomita a partir del gráfico cruzado UmatrixApp y RhomatrixApp.

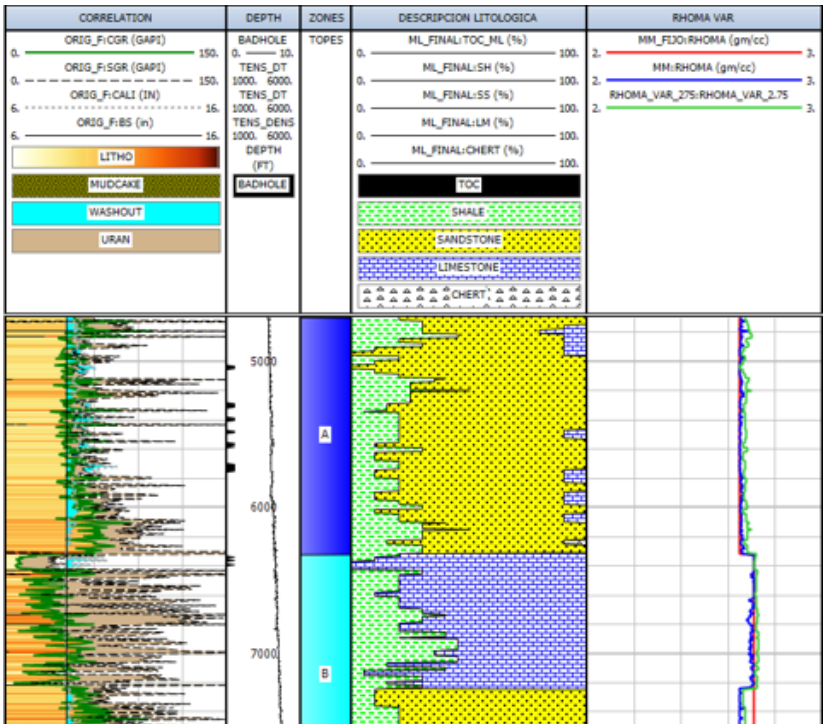


Figura 7. Curvas de densidad de matriz usadas para la estimación de la porosidad – Pozo Clave-1.

lo multimineral (ecuación 19), y en verde la densidad de matriz variable generada a partir de la ecuación 2.

Como se puede observar, la variación de la densidad de matriz, tanto de la curva proveniente del modelo multimineral como de la curva de densidad de matriz variable generada en este estudio, responden a los cambios en la descripción litológica y al contenido de COT presentado en la pista 'DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA'.

A continuación, en la figura 8 se presenta en el registro los cálculos de PHIT y PHIE usando las tres fuentes de densidad de matriz previamente explicadas. En las pistas 'POROSIDAD DENSIDAD DE MATRIZ FIJA', 'POROSIDAD DENSIDAD DE MATRIZ MODELO MULTIMINERAL' y 'POROSIDAD DENSIDAD DE MATRIZ VARIABLE' se presentan ambas porosidades.

Adicionalmente en las pistas 'Descripción Litológica' y 'Evaluación MM (multimineral)', se presentan la litología a partir de la descripción de las muestras de canal y la litología a partir del modelo multimineral, respectivamente, ambas litologías siendo el 'input' para la estimación de las curvas de densidad de matriz variable y densidad de matriz del modelo multimineral.

En líneas generales, en el registro no se pueden percibir claramente las diferencias en las porosidades obtenidas de cada una de las fuentes de densidad de matriz, por lo cual a continuación se presentarán histogramas y tablas comparativas que permitan entender y cuantificar las diferencias.

En la figura 9, se presentan histogramas de densidad de matriz y porosidad efectiva, comparando las tres fuentes

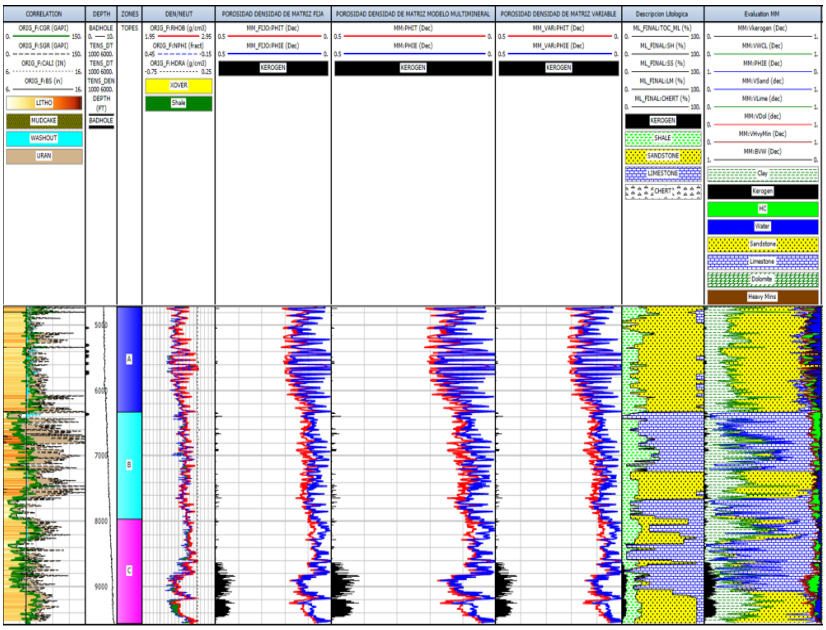


Figura 8. Comparación PHIT y PHIE usando las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

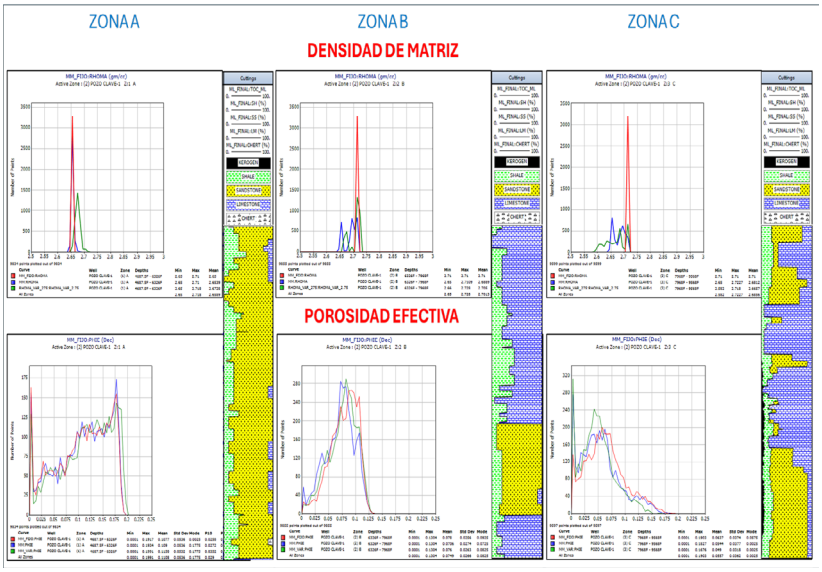


Figura 9. Histogramas RHOMA y PHIE comparando las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

usadas para la densidad de matriz.

Para la zona A donde predomina la arenisca, de acuerdo con la descripción litológica, se observa que la densidad de matriz fija (curva roja), promedia 2,65 g/cc, mientras que las densidades de matriz variable generada en este estudio (curva verde) y la del modelo multimineral (curva azul), son ligeramente mayores a 2,65 g/cc debido a que se está considerando la presencia de arcilla y ligeras cantidades de caliza, en cuanto a las porosidades, que son función de la densidad de matriz, se observa que la que proviene de la densidad de matriz variable generada en este estudio (curva verde) es ligeramente mayor que las obtenidas a partir de las densidades de matriz fija y la del modelo multimineral puesto que está considerando la presencia de arcilla y algo de caliza.

Para las zonas B y C, donde predominan la alternancia de calizas y areniscas y donde la densidad de matriz fija se definió como 2,71 g/cc, se observa que tanto la densidad de matriz variable generada en este estudio como la densidad de matriz del modelo multimineral son menores a 2,71 g/cc, lo cual se debe a la presencia de las intercalaciones de arenisca y a la presencia de la materia orgánica (COT), que en la zona C es mayor, haciendo que las densidades de matriz representadas por las curvas azul y verde, para esta zona, se muevan a valores más bajos, lo anterior se ve reflejado en las porosidades, observándose que la porosidad a partir de la densidad de matriz fija presenta valores ligeramente mayores que la de las otras dos fuentes que consideran el contenido de materia orgánica.

Es importante destacar que en la zona C, donde existe el mayor contenido de COT, la curva de densidad de matriz propuesta en este estudio (curva verde), honra la caída en densidad asociada a la presencia de la materia orgánica.

Por último, en la tabla VI, se presentan promedios aritméticos de PHIE por zona, comparándose las porosidades obtenidas para cada una de las fuentes de densidad de matriz usada.

6. Cuantificación de la incidencia en el cálculo de reservas de las porosidades obtenidas al usar

Tabla VI. Promedios aritméticos PHIE a partir de las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

ZONAS	PROPIEDADES	VALORES FIJOS DE DENSIDAD (MM_FIJO)	MODELO MULTIMINERAL (MM)	DENSIDAD VARIABLE (MM_VAR)
ZONA A	POROSIDAD (PHIE)	0.108	0.109	0.116
ZONA B	POROSIDAD (PHIE)	0.078	0.071	0.076
ZONA C	POROSIDAD (PHIE)	0.064	0.054	0.049

las diferentes fuentes de densidad de matriz previamente planteadas. En esta fase se va a medir el efecto que tiene el uso de la porosidad calculada a partir de las tres fuentes de densidad de matriz, en la saturación de agua, espesores útiles y por ende en las reservas.

6.1. Cálculo de saturación de agua

Para el cálculo de la saturación de agua, a partir de la resistividad, se utilizó la ecuación de Archie la cual se presentan a continuación:

$$S_w = \sqrt[n]{\frac{a * R_w}{\emptyset_e^m * R_t}} \qquad (20)$$

Donde Sw es la saturación de agua, Rw es la resistividad del agua de formación, ϕe es la porosidad efectiva, obtenida a partir de la ecuación 7 utilizando las tres fuentes de densidad de matriz, Rt es la resistividad verdadera de la formación, tomándose la curva de resistividad profunda RLA5 de la herramienta HRLT (High-Resolution Laterolog Tool) como una buena aproximación, n es el exponente de saturación, a es el factor de tortuosidad y m es el exponente de cementación, estos tres últimos correspondientes a las propiedades eléctricas de la roca.

Para el estudio no se contó con mediciones de propiedades eléctricas obtenidas en pruebas de laboratorio a partir de los ensayos de factor de formación e índice de resistividad, por lo cual el factor de tortuosidad (a) se definió como 1, el exponente de saturación (n) como 2 y el exponente de cementación (m) como 2.

Con respecto a la resistividad del agua de formación (Rw), no se contó tampoco con análisis fisicoquímicos de agua de formación que permitieran conocer la salinidad y definir un valor de Rw, para lo cual se tomó como referencia la información de salinidades del estudio petrofísico de Del Moro et al, (2020), donde para las zonas A y B usaron una salinidad del agua de formación de 80.000 ppm NaCl y para la zona C una salinidad del agua de formación de 190.000 ppm NaCl.

En la figura 10, se muestra el registro con las curvas de Sw calculadas usando las tres fuentes de densidad de matriz usadas. En las pistas 'SW DENSIDAD DE MATRIZ FIJA', 'SW DENSIDAD DE MATRIZ MODELO MULTIMINERAL' y 'SW DENSIDAD DE MATRIZ VARIABLE' se presentan las curvas de Sw.

Adicionalmente, en la pista 'RESISTIVITY' se presentan las curvas resistivas y en la pista 'Descripción Litológica', la litología a partir de la descripción de las muestras de canal. En la tabla VII, se presentan promedios aritméticos de Sw por zona, comparándose las saturaciones de agua obtenidas para cada una de las fuentes de densidad de matriz usada.

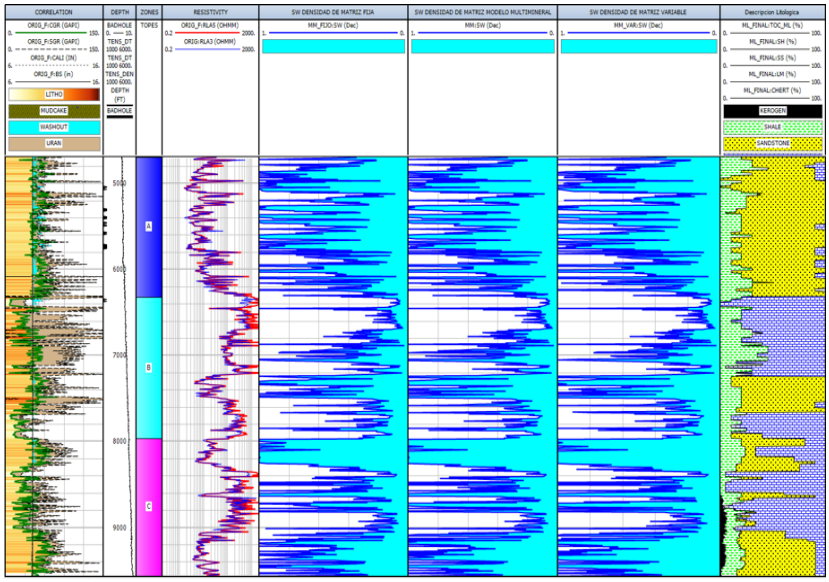


Figura 10. Comparación SW usando las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo.

Tabla VII. Promedios aritméticos Sw a partir de las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

ZONAS	PROPIEDADES	VALORES FIJOS DE DENSIDAD (MM_FIJO)	MODELO MULTIMINERAL (MM)	DENSIDAD VARIABLE (MM_VAR)
ZONA A	SATURACION DE AGUA (SW)	0.670	0.664	0.639
ZONA B	SATURACION DE AGUA (SW)	0.342	0.381	0.354
ZONA C	SATURACION DE AGUA (SW)	0.586	0.638	0.665

6.2. Cálculo de espesores útiles

En evaluaciones petrofísicas, los parámetros de corte son sumamente importantes para definir los espesores útiles en áreas de interés, considerando que el cálculo volumétrico de reservas (POES) es comúnmente hecho a partir de estos espesores.

Los parámetros de corte, arcillosidad, porosidad y saturación de agua fueron obtenidos del estudio petrofísico realizado por Del Moro et al, (2020), los cuales se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. Parámetros de Corte.

ZONAS	NET RESERVOIR / NET PAY		
	VCLAY <= (%)	PHI >= (%)	SW <= (%)
A	55	5	50
B	55	5	50
C	55	5	50

En la figura 11 se muestra el registro con las curvas de espesor neto de reservorio (ResFlag) y espesor neto hidrocarburífero (PayFlag) estimadas a partir de las tres fuentes de densidad de matriz planteadas y usando los parámetros de corte mostrados en la tabla VIII.

En las pistas 'Summation - DENSIDAD DE MATRIZ FIJA', 'Summation - DENSIDAD DE MATRIZ MODELO MULTIMINERAL' y 'Summation - DENSIDAD DE MATRIZ VARIABLE' se presentan las curvas de ResFlag y PayFlag.

Adicionalmente, en la pista 'RESISTIVITY' se presentan las curvas resistivas y en la pista 'Descripción Litológica', la litología a partir de la descripción de las muestras de canal.

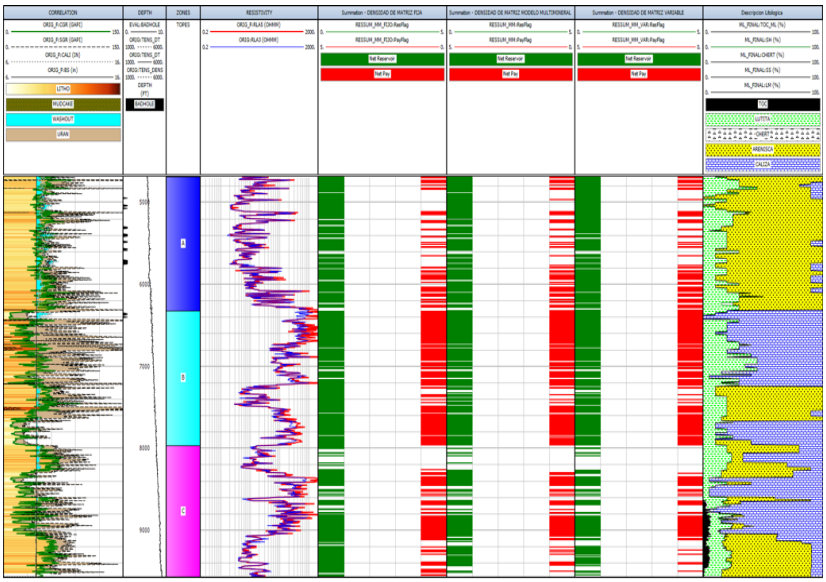


Figura 11. Comparación ResFlag y PayFlag usando las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

Tabla IX. Espesor neto de reservorio (ResFlag) y espesor neto hidrocarburífero (PayFlag) a partir de las tres fuentes de densidad de matriz – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

ZONAS	PROPIEDADES	VALORES FIJOS DE DENSIDAD (MM_FIJO)	MODELO MULTIMINERAL (MM)	DENSIDAD VARIABLE (MM_VAR)
ZONA A	ESPESOR NETO DE RESERVORIO (ResFlag)	1325.00	1336.50	1380.00
	ESPESOR NETO HIDROCARBURIFERO (PayFlag)	474.25	487.25	537.75
ZONA B	ESPESOR NETO DE RESERVORIO (ResFlag)	1366.00	1231.50	1300.00
	ESPESOR NETO HIDROCARBURIFERO (PayFlag)	1167.50	1085.50	1154.50
ZONA C	ESPESOR NETO DE RESERVORIO (ResFlag)	990.25	800.75	717.27
	ESPESOR NETO HIDROCARBURIFERO (PayFlag)	629.75	530.25	483.75

En la tabla IX, se presentan el espesor neto de reservorio (ResFlag) y espesor neto hidrocarburífero (PayFlag) por zona, comparándose dichos espesores para cada una de las fuentes de densidad de matriz usada.

A continuación, se muestra el registro petrofísico integrado donde se puede resumir buena parte de la metodología propuesta en este estudio y los resultados obtenidos.En la figura 12 se presenta el registro petrofísico integrado para el Pozo Clave-1.

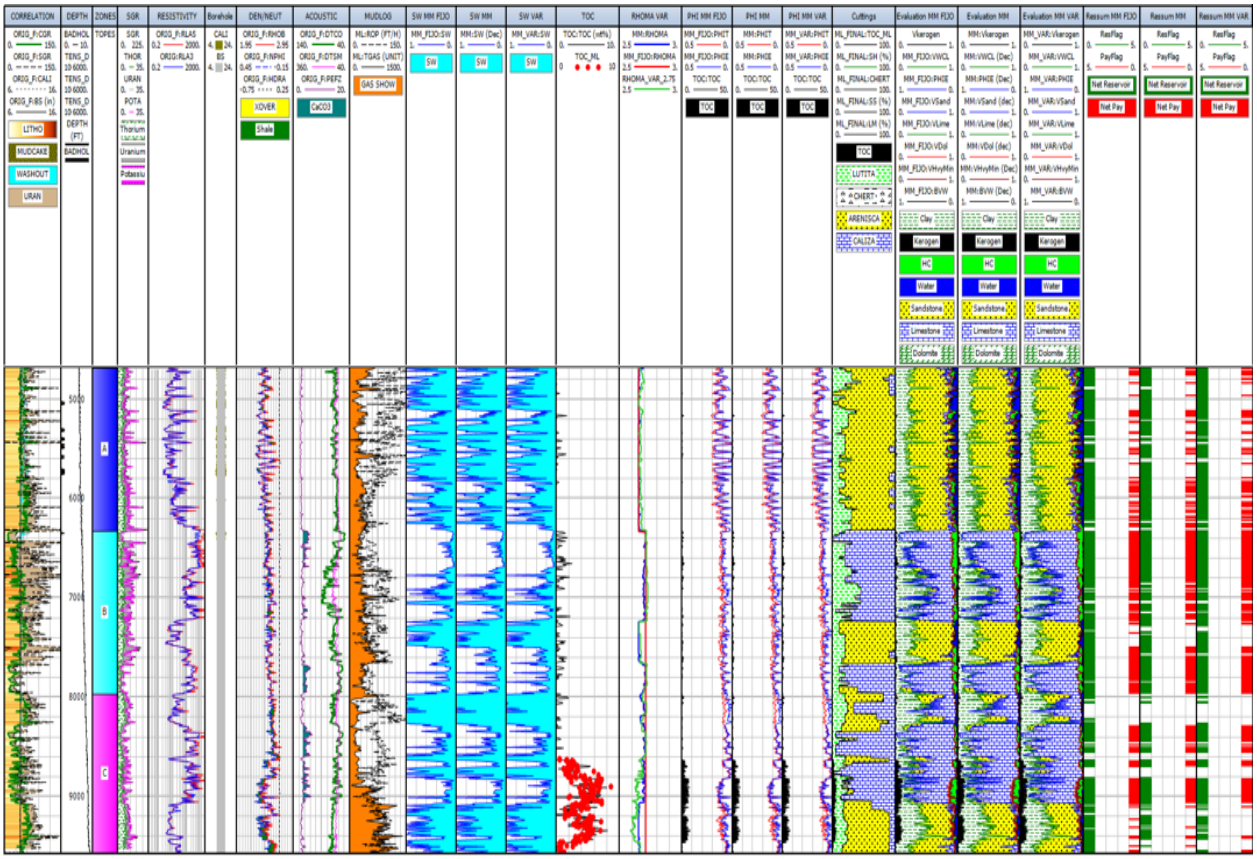


Figura 12. Registro petrofísico integrado – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

6.3. Estimación volumétrica de reservas (POES)

A partir de la estimación del POES, se medirá finalmente la incidencia del uso de las tres fuentes de densidad de matriz en el cálculo de la porosidad, considerando que tanto la saturación de agua como los espesores útiles influyen en el cálculo del POES y ambos dependen de la porosidad.

Para el cálculo del POES se utilizó la ecuación (21).

$$POES = \frac{7.758 \times A \times h \times \phi(1 - S_w)}{B_{oi}} \qquad (21)$$

Donde POES es el petróleo original en sitio (BN), A es el área del yacimiento (acre), h es el espesor (ft), es la porosidad (en fracción), es la saturación de agua (expresada en fracción) y es el factor volumétrico del petróleo (BY/BN).

Es importante aclarar que, para este estudio, se consideró un volumen de 1 acre-ft por no conocerse el área del yacimiento (A= 1 y h=1) y se asumió =1 obteniéndose el volumen en barriles en yacimiento.

Discusión de resultados

Siguiendo la metodología desarrollada, se presenta la discusión de los resultados obtenidos en relación con los objetivos del estudio. Esto permite comparar la porosidad estimada utilizando el modelo propuesto, que emplea la curva de densidad de matriz variable, con los modelos tradicionales comúnmente utilizados en la industria.

Así, se podrá cuantificar la influencia de la porosidad en el cálculo de la saturación de agua, la estimación de espesores útiles y, finalmente, en el cálculo de las reservas (POES).

En las tablas VI y VII se presentaron previamente los promedios aritméticos de la porosidad y la saturación de agua para las zonas A, B y C. Estos valores incluyen la porosidad a partir del uso de tres diferentes fuentes de densidad de matriz, y la saturación de agua a su vez dependiente de la porosidad.

Además, en la tabla IX se presentaron los espesores netos de reservorio y los espesores netos hidrocarburíferos; los pri-

meros dependen de la porosidad, y los segundos, de la porosidad y la saturación de agua.

En las tabla X a la XIII, se detallan las tablas de los sumarios petrofísicos y el cálculo del POES para los tres casos propuestos: uso de densidad de matriz fija, densidad de matriz del modelo multimineral y densidad de matriz con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio.

A partir de las tablas anteriores, se hará la comparación cualitativa de los resultados, tomando como caso base los cálculos realizados a partir del empleo de la densidad de matriz fija, considerando que es el enfoque comúnmente usado para estimar la porosidad con el registro de densidad, para lo cual se puede destacar lo siguiente:

Tabla X. Sumario petrofísico a partir de uso de la densidad de matriz con valores fijo – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

Reservoir Results MM_FIJO									
	Gross Interval	Net Res	Net/Gross Res	Av Phi Res	Av Sw Res	Av Vcl Res	PhiH Res	PhiSoH Res	VclH Res
ZONA A	1638.50	1325.00	0.809	0.128	0.606	0.242	169.02	66.64	321.29
ZONA B	1642.00	1366.00	0.832	0.086	0.258	0.232	117.60	87.27	316.69
ZONA C	1600.00	990.25	0.619	0.086	0.383	0.228	84.78	52.29	226.17
Pay Results MM_FIJO									
	Gross Interval	Net Pay	Net/Gross Pay	Av Phi Pay	Av Sw Pay	Av Vcl Pay	PhiH Pay	PhiSoH Pay	VclH Pay
ZONA A	1638.50	474.25	0.289	0.130	0.316	0.291	61.84	42.29	137.89
ZONA B	1642.00	1167.50	0.711	0.088	0.184	0.217	102.73	83.85	252.97
ZONA C	1600.00	629.75	0.394	0.094	0.239	0.173	59.19	45.02	109.03

Tabla XI. Sumario petrofísico a partir de uso de la densidad de matriz del modelo multimineral – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

Reservoir Results MM									
	Gross Interval	Net Res	Net/Gross Res	Av Phi Res	Av Sw Res	Av Vcl Res	PhiH Res	PhiSoH Res	VclH Res
ZONA A	1638.50	1336.50	0.816	0.128	0.599	0.243	171.38	68.65	324.66
ZONA B	1642.00	1231.50	0.750	0.083	0.239	0.225	102.00	77.65	276.60
ZONA C	1600.00	800.75	0.500	0.084	0.364	0.211	67.02	42.65	169.36
Pay Results MM									
	Gross Interval	Net Pay	Net/Gross Pay	Av Phi Pay	Av Sw Pay	Av Vcl Pay	PhiH Pay	PhiSoH Pay	VclH Pay
ZONA A	1638.50	487.25	0.297	0.132	0.312	0.290	64.15	44.12	141.50
ZONA B	1642.00	1085.50	0.661	0.085	0.181	0.211	91.84	75.22	229.40
ZONA C	1600.00	530.25	0.331	0.092	0.227	0.154	48.90	37.81	81.53

Zona A:

- **Espesor Neto de Reservorio**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad, se obtuvieron 1.325 ft de roca reservorio, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 1.336,5 ft (+0,87 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 1.380 ft (+4,15%).
- **Porosidad Promedio Roca Hidrocarburífera**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad, se obtuvo 13 % de promedio de porosidad en los intervalos hidrocarburíferos, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvo 13,2 % (+1,538 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvo 13,6 % (+4,615 %).
- **Saturación de Agua Promedio Roca Hidrocarburífera**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la saturación de agua, se obtuvo 31.6% de promedio de saturación de agua en los intervalos hidrocarburíferos, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvo 31,2v% (-1,266v%), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvo 31,2 % (-1,266 %).
- **Espesor Neto de Hidrocarburos**: Con el uso de

Tabla XII. Sumario petrofísico a partir de uso de la densidad de matriz variable – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

Reservoir Results MM_VAR									
	Gross Interval	Net Res	Net/Gross Res	Av Phi Res	Av Sw Res	Av Vcl Res	PhiH Res	PhiSoH Res	VclH Res
ZONA A	1638.50	1380.00	0.842	0.132	0.580	0.244	182.78	76.82	336.18
ZONA B	1642.00	1300.00	0.792	0.086	0.236	0.230	111.84	85.48	298.51
ZONA C	1600.00	717.25	0.448	0.077	0.386	0.210	54.98	33.77	150.82
Pay Results MM_VAR									
	Gross Interval	Net Pay	Net/Gross Pay	Av Phi Pay	Av Sw Pay	Av Vcl Pay	PhiH Pay	PhiSoH Pay	VclH Pay
ZONA A	1638.50	537.75	0.328	0.136	0.312	0.288	72.96	50.21	155.04
ZONA B	1642.00	1154.50	0.703	0.088	0.181	0.218	101.36	83.03	251.78
ZONA C	1600.00	483.75	0.302	0.083	0.249	0.152	40.15	30.14	73.73

Tabla XIII. POES y % de variación del POES de los modelos multiminerales con respecto al uso del modelo de densidad de matriz fija – Zonas A, B y C - Pozo Clave-1.

	MM_FIJO	MM	MM_VAR	MM_FIJO	MM	MM_VAR
	POES BY	POES BY	POES BY	%	%	%
ZONA A	689.84	704.55	725.90	0.000	2.132	5.227
ZONA B	557.086	540.073	559.135	0.000	-3.054	0.368
ZONA C	554.961	551.718	483.579	0.000	-0.584	-12.862

la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad y luego de la saturación de agua, se obtuvieron 474,25 ft de roca hidrocarburífera, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 487,25 ft (+2,74 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 537,75 ft (+13,39 %).

- **Reservas (POES)**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad y luego de la saturación de agua, se obtuvieron 689.84 BY por acre-ft, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 704,55 BY por acre-ft (+2,132 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 725,90 BY por acre-ft (+5,227 %).

En la zona A, se utilizó un valor fijo de densidad de matriz de 2,65 g/cc (figura 7). La mayor diferencia en el POES se observa al compararlo con el obtenido usando la densidad de matriz variable propuesta en este estudio, resultando en un POES un 5,227 % mayor.

Esta diferencia se asocia a que la densidad de matriz para esta zona, basada en la densidad de matriz variable, es mayor, promediando 2,675 g/cc, lo cual influye directamente en una mayor porosidad.

Por otro lado, el POES calculado a partir de la densidad de matriz del modelo multimineral es 2,132 % mayor que el obtenido usando el valor fijo de densidad de matriz, debido a que la densidad de matriz del modelo multimineral es, en promedio, mayor (2,657 g/cc).

Las diferencias en el POES para esta zona se deben al ligero aumento de la densidad de matriz, causado por la presencia de pequeños lentes de caliza o cemento calcáreo en la arenisca.

Esto se refleja en la densidad de matriz variable en función de la litología, obtenida a partir de muestras de canal, y en la densidad de matriz del modelo multimineral, ambas superiores a los 2,65 g/cc utilizados como densidad de matriz fija para esta zona.

Zona B:

- **Espesor Neto de Reservorio**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad, se obtuvieron 1.366 ft de roca reservorio, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 1.231,5 ft (-9.85 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 1.300 ft (-4,83 %).

- **Porosidad Promedio Roca Hidrocarburífera**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad, se obtuvo 8,8 % de promedio de porosidad en los intervalos hidrocarburíferos, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvo 8,5 % (-3,409 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvo 8,8 % (0,0 %).
- **Saturación de Agua Promedio Roca Hidrocarburífera**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la saturación de agua, se obtuvo 18,4 % de promedio de saturación de agua en los intervalos hidrocarburíferos, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvo 18,1 % (-1,630 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvo 18,1 % (-1,630 %).
- **Espesor Neto de Hidrocarburos**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad y luego de la saturación de agua, se obtuvieron 1.167,5 ft de roca hidrocarburífera, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 1.085,5 ft (-7,02 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 1.154,5 ft (-1,11 %).
- **Reservas (POES)**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad y luego de la saturación de agua, se obtuvieron 557,09 BY por acre-ft, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 540,07 BY por acre-ft (-3,054 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 559,14 BY por acre-ft (+0,368 %).

En la zona B, se utilizó un valor fijo de densidad de matriz de 2,71 g/cc (figura 7). La mayor diferencia en el POES se observa al compararlo con el obtenido usando la densidad de matriz del modelo multimineral, resultando en un POES un 3,054 % menor.

Esta diferencia se asocia a que la densidad de matriz para esta zona, basada en la densidad del modelo multimineral, es menor, promediando 2,697 g/cc, lo cual influye directamente en una menor porosidad.

Por otro lado, el POES calculado a partir de la densidad de matriz variable propuesta en este estudio es apenas 0,368 % mayor que el obtenido usando el valor fijo de densidad de matriz, debido a que la densidad de matriz variable es, en promedio, ligeramente mayor (2,711 g/cc).

Las diferencias en el POES para esta zona se deben principalmente a las marcadas variaciones en la densidad de matriz en el intervalo de arenisca, ubicado hacia la parte medio inferior de la zona.

En esta zona, tanto la densidad de matriz del modelo multimineral como la de la densidad de matriz variable son significativamente menores al 2,71 g/cc usado como densidad de matriz fija.

Zona C:

- **Espesor Neto de Reservorio**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad, se obtuvieron 990,25 ft de roca reservorio, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 800,75 ft (-19,14 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 717,25 ft (-27,57 %).
- **Porosidad Promedio Roca Hidrocarburífera**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad, se obtuvo 9,4 % de promedio de porosidad en los intervalos hidrocarburíferos, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvo 9,2 % (-2,128 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvo 8,3 % (-11,702 %).
- **Saturación de Agua Promedio Roca Hidrocarburífera**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la saturación de agua, se obtuvo 23,9 % de promedio de saturación de agua en los intervalos hidrocarburíferos, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvo 22,7 % (-5,021 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvo 24,9

% (+4,184 %).

- **Espesor Neto de Hidrocarburos**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad y luego de la saturación de agua, se obtuvieron 629,75 ft de roca hidrocarburífera, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 530,25 ft (-15,80 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 483,75 ft (-23,18 %).
- **Reservas (POES)**: Con el uso de la densidad de matriz fija para el cálculo de la porosidad y luego de la saturación de agua, se obtuvieron 554,96 BY por acre-ft, mientras que con la densidad del modelo multimineral se obtuvieron 551,72 BY por acre-ft (-0,584 %), mientras que con la curva de densidad de matriz variable propuesta en este estudio se obtuvieron 483,58 BY por acre-ft (-12,862 %).

En la zona C, se utilizó un valor fijo de densidad de matriz de 2,71 g/cc (figura 7). La mayor diferencia en el POES se observa al compararlo con el obtenido usando la densidad de matriz variable propuesta en este estudio, resultando en un POES un 12,862 % menor.

Esta diferencia se asocia a que la densidad de matriz para esta zona, basada en la densidad de matriz variable, es menor, promediando 2,66 g/cc, lo cual influye directamente en una menor porosidad.

Por otro lado, el POES calculado a partir de la densidad de matriz del modelo multimineral es 0,584 % menor que el obtenido usando el valor fijo de densidad de matriz, debido a que la densidad de matriz del modelo multimineral es, en promedio, ligeramente menor (2,695 g/cc).

Estas diferencias en el POES para esta zona están claramente asociadas, en primer lugar, al efecto de la disminución de la densidad de matriz en función del contenido de materia orgánica, el cual se refleja principalmente en la curva de densidad de matriz variable.

En segundo lugar, están asociadas con la diferencia de densidad de matriz en la base de esta zona, donde predomina la arenisca cuya densidad de matriz es 2,65 g/cc pero el valor de densidad fijo usado para esta zona es 2,71 g/cc.

Basado en lo discutido previamente, se puede aclarar que el uso de la curva de densidad de matriz variable generada en este estudio no necesariamente provoca un incremento en el cálculo de las reservas. No obstante, se puede afirmar con certeza que el uso de esta curva permite un cálculo más preciso de las reservas, gracias a la disminución de la incertidumbre en la densidad de matriz utilizada para calcular la porosidad a partir del registro de densidad.

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con los antecedentes analizados sobre la calibración de la porosidad, es crucial considerar las variables o parámetros de entrada necesarios, los cuales dependen de la naturaleza de la formación, como la composición litológica, la configuración del sistema poroso, la herramienta de perfilaje utilizada, el tipo de fluido en la zona de investigación de la herramienta y cualquier cambio en el ambiente de perfilaje que pueda afectar el registro.

La curva de densidad de matriz variable desarrollada en este estudio, como función de la descripción litológica y la estimación del contenido de materia orgánica a partir de las muestras de canal, permite un cálculo más preciso de las reservas, gracias a la disminución de la incertidumbre en la densidad de matriz utilizada para calcular la porosidad a partir del registro de densidad.

Se observó que la calibración de modelos de porosidad, basada en la naturaleza litológica de la matriz de roca, es una herramienta valiosa para obtener estimaciones precisas de la porosidad en rocas con diferentes composiciones litológicas.

Claramente, las diferencias en el POES obtenidas en los resultados, están asociadas a las diferencias en la densidad de matriz aportada por cada una de las tres fuentes de densidad de matriz usadas para el cálculo de porosidad con el registro de densidad.

Es importante considerar en los yacimientos no convencionales en lutitas hi-

drocarburíferas, incluir en la estimación de la curva de densidad de matriz variable o en el modelo multimineral, el contenido de materia orgánica, para considerar la baja densidad asociada a la materia orgánica.

Se debe garantizar la precisión y confiabilidad de la descripción de las muestras de canal, mediante procedimientos estrictos y rigurosos de monitoreo y control de calidad.

Se deben considerar las diferencias de profundidad que comúnmente existen entre las muestras de canal y los registros de pozos, ya que pueden generar diferencias en la aplicación de la metodología propuesta.

Referencias bibliográficas

Arciniegas, C. (2020). De la relación entre los parámetros petrofísicos y de producción mediante un análisis de sensibilidad a cuatro clusters del campo Imperial. Fundación Universidad de América Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería de Petróleos. Bogotá D.C.

Asociación Colombiana del Petróleo (2004). Los yacimientos no convencionales y su importancia para Colombia. Bogotá, Colombia.

Asquith, G. B., & Gibson, C. R. (1982). Basic well log analysis for geologists (M. K. Horn, Ed.). AAPG.

Barbato, R. y Quaglia, A. (2023). Porosidad total y efectiva derivadas de los perfiles de densidad y rayos gamma. ¿Cuáles son las insidias y errores más comunes, sus consecuencias y como mitigarlos? Geominas 51(91), agosto 2023.

Conca, J. (2017). Permania: 100 years in the permian oil fields of Texas and New Mexico.

Del Moro, Y., Anantharamu, V., Vernik, L., Quaglia, A. y Carrillo, E. (2020). Seismic petrophysics workflow applied to delaware basin. Article in Interpretation. January 2020. https://doi.org/10.1190/int-2019-0157.1

Halliburton, (1997) Openhole log analysis and formation evaluation

Hung, Enrique (1991). Petrofísica para geólogos e ingenieros de explotación. CORPOVEN, S. A., Caracas, Venezuela. pp 1-228.

Interactive Petrophysics (IP), Lloyd's Register Digital Products Limited (2021). Metodología y ecuaciones para el cálculo de volumen de arcilla, densidad de matriz variable, porosidad, saturación de agua y espesores útiles.

Mire, K., and J. Moomaw (2017). Delaware basin: Seven-year review of activity and performance. Unconventional Resources Technology Conference, URTeC, 2697549.

Panesso, R., Quaglia, A., Alzate, G., y Porras, J. (2023). Integrated petrophysical characterization of hydrocarbon shale unconventional reservoirs using a rock typing approach, case study, Vaca Muerta Play, Neuquén basin, Argentina. Conferencia de Tecnología de Recursos No Convencionales. Denver, Colorado, EE. UU.

Rider, M (1996). The geological interpretation of well logs (2da edición). Sutherland, Escocia. Editorial Rider-French Consulting Ltd.

Rodrigues, P. (2023). Curso en Análisis Petrofísico Multimineral empleando software especializado "Mineralisis" de SEISPETRO GEOCONSULTING. SPWLA.

Schlumberger (1989). Log Interpretation Principles/Applications. Sugar Land, Texas.

Tiab, D., Donaldson, E. (2004). Petrophysics. Second Edition. Oxford, United Kingdom. Elsevier.

Worthington, P y Cosentino, L. (2005). The role of cutoffs in integrated reservoir studies. SPE Reservoir Evaluation & Engineering. Denver.

Análisis de la evolución de los impuestos establecidos en la legislación minera venezolana entre 1832 y 1999, exceptuando los hidrocarburos

Analysis of the evolution of taxes established in Venezuelan mining legislation between 1832 and 1999, excluding hydrocarbons

Análise da evolução dos impostos estabelecidos na legislação mineira venezuelana entre 1832 e 1999, excluindo os hidrocarbonetos

Ángel R. P. Paulo G. C.[1] José Herrero N.[2]

Recibido: 17-12-24; Aprobado: 14-4-25

[1] IngºMinº, MSc. Profesor Titular. Universidad de Oriente (UDO). e-mail: apaulo@udo.edu.ve. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6240-660X
[2] IngºGeóº, MEng. Profesor Titular. UDO. e-mail: joseherreron@hotmail.com

Resumen

A fin de analizar la evolución de los impuestos en la legislación minera venezolana entre 1832 y 1999, para comprender cómo la política tributaria ha influido en el sector minero, se empleó un enfoque histórico-legal y análisis documental de leyes, decretos y gacetas oficiales. Los resultados muestran fluctuación en los tipos de impuestos, así como en las tasas impositivas, evidenciando un proceso de ensayo-error en la búsqueda de mejores ingresos para la nación. Se concluye que, a lo largo del tiempo, la legislación ha tendido a abandonar el espíritu de promoción de la inversión en favor de una estrategia rentista, con un aumento de la regulación y el control estatal sobre la actividad minera.

Abstract

In order to analyze the evolution of taxes in Venezuelan mining legislation between 1832 and 1999, and to understand how tax policy has influenced the mining sector, a historical-legal approach and documentary analysis of laws, decrees, and official gazettes were used. The results show fluctuations in tax rates and types, evidencing a trial-and-error process in the search for higher revenues for the nation. It is concluded that, over time, legislation has tended to abandon the spirit of investment promotion in favor of a rentier strategy, with increased regulation and state control over mining activities.

Resumo

Para analisar a evolução dos impostos na legislação mineira venezuelana entre 1832 e 1999, e perceber de que forma a política fiscal influenciou o setor mineiro, recorreu-se a uma abordagem histórico-jurídica e à análise documental de leis, decretos e diários oficiais. Os resultados mostram flutuações nas taxas e nos tipos de impostos, evidenciando um processo de tentativa e erro na procura de maiores receitas para a nação. Conclui-se que, ao longo do tempo, a legislação tendeu a abandonar o espírito de promoção do investimento em favor de uma estratégia de procura de rendimentos, com um aumento da regulamentação e do controlo estatal sobre a actividade mineira.

Palabras clave/Keywords/Palabras-chave:
Impostos, Impuestos, Legislación minera venezolana, Legislação mineira Venezuelana, Mining Taxation, Regalías, Royalties, Taxes, Tributación Minera, Tributação da Mineração, Venezuelan mining legislation.

Introducción

Esta investigación forma parte de la sub-línea de investigación denominada "Tributación en el negocio minero" la cual forma parte de la línea de investigación denominada "Economía minera".

La razón para haber investigado en el periodo 1832-1999, se debe a que Venezuela nace como nación independiente en 1830, pero el primer instrumento legal en materia de minería, se produjo dos años después de iniciada la vida de nación independiente, por otra parte, al momento de iniciar la investigación que acá se muestra, la ley vigente data de 1999.

El nivel de impuestos aplicados a la industria minera es de alta relevancia para que se produzca dinamización minera en un país. En esta materia, Venezuela ha reprobado, a diferencia de las demás naciones del continente. Venezuela no ha sido nunca un país minero.

Al analizar la escasa información del Producto Interno Bruto que actualmente reporta BCV (2025a) con lo cual se puede complementar lo expuesto por Paulo (2006), por lo menos, desde 1950 hasta 2018 que es el último año de data que ha hecho público el Banco Central de Venezuela, la actividad minera ha sido marginal en el compendio de lo que ha sido la economía venezolana.

Entre 1832 y 1949, no hay cuentas nacionales de acceso público que reporten la actividad minera en la economía nacional, sin embargo, se puede dar por cierto que no era significativa, pues es bien sabido que en ese período de tiempo la economía se sostenía con café, cacao y ganadería, y ya en el siglo XX, con petróleo.

Con base en lo anterior, se hace interesante encontrar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál ha sido la evolución de los tipos impositivos en la legislación minera venezolana entre 1832 y 1999?
- ¿Qué tipos de impuestos fueron predominantes en diferentes períodos de la historia minera venezolana?
- ¿Qué factores podrían haber influido en la evolución de la tributación minera en Venezuela durante el período estudiado?

La tributación minera, de acuerdo con lo señalado por Otto (2018), son mecanismos fiscales con los cuales los gobiernos obtienen ingresos derivados de los recursos minerales presentes en el subsuelo.

La fijación de los impuestos adecuados es compleja y se requiere no ahuyentar a los inversionistas con ellos, o que conduzcan a la percepción de compensación insuficiente por la extracción de los recursos minerales. (Otto, 2018).

Adicionalmente, Tadros y Svensson (s.f.), han señalado que la volatilidad de los precios requiere sistemas tributarios que puedan adaptarse a las fluctuaciones de los ingresos.

Con base en lo expuesto por Atinc (1995) y Otto (2018), se puede aseverar que la renta económica en minería es el excedente generado tras cubrir costos y rendimientos normales. Los gobiernos buscan gravar esta renta, basándose en el carácter finito de los recursos. Al gravar parte de estas ganancias sin afectar la competitividad de las inversiones, se permite que la sociedad obtenga beneficios por su explotación, manteniendo atractivo el sector.

Los regímenes de regalías mineras varían según su base de cálculo: ad valorem (valor de producción, fácil aplicación pero ineficiente), específicas (unidades físicas, útiles para productos a granel pero distorsionantes), y basadas en ganancias (vinculadas a rentabilidad, equitativas pero complejas). Los sistemas híbridos combinan enfoques para equilibrar eficiencia y equidad, a menudo incluyendo regalías mínimas. Cada modelo busca adaptarse a contextos económicos y operativos distintos. (Guj, 2012; Masbernat, 2018; Otto, 2018).

Con base en Otto (2018), se tiene que los sistemas de regalías ofrecen ingresos tempranos, pero pueden gravar minas no rentables, mientras que los basados en ganancias son eficientes, aunque exigen administración sólida, por otra parte, los descentralizados benefician a comunidades locales, pero generan inconsistencias. La elección óptima depende del contexto: países con administración débil podrían

preferir regalías simples, mientras que aquellos que priorizan desarrollo local optarían por sistemas descentralizados con participación de ingresos. Cada enfoque refleja un equilibrio entre eficiencia, equidad y capacidad institucional.

Ahora bien, los sistemas tributarios no son cosa reciente y ellos han ido evolucionando y muy posiblemente continuarán haciéndolo por siempre.

Si se revisa la evolución de los impuestos, se tiene que ellos se remontan al Neolítico, cuando los primeros asentamientos impusieron contribuciones en especie para apoyar a las burocracias emergentes (Ruz y Zúñiga, 2021).

La AEAT (s.f.) expone que en la Antigua Grecia se creó una Hacienda Pública que contaba con aduanas e impuestos indirectos, ya que los bienes de la Corona eran insuficientes para los gastos colectivos. Así se estableció la relación ingresos-gastos públicos.

A lo largo de la historia, los impuestos han sido una fuente primaria de ingresos estatales, a menudo entrelazados con creencias religiosas (Fajardo y Suárez, 2017).

Para estudiar la tributación minera entre 1832 y 1999, puesto que es un sistema heredado, es necesario regresar en el tiempo hasta el Imperio romano, quienes, según Blázquez (2014), tenían en los impuestos por producción minera una fuente crucial de ingresos para el fisco imperial.

Con base en lo expuesto por Alajarín (2009), existían impuestos directos e indirectos, y se menciona el Vectigal como un impuesto directo importante, que era un tributo impuesto por Roma a los pueblos sometidos en virtud del uso de la tierra. Lo anterior también es referido por Fernández (1995) e Hita (2015).

El Vectigal podría aplicarse a las tierras donde se realizaba la minería, adicionalmente, Vergara (1987), refiere que el Vectigal era cobrado en minas públicas arrendadas a publicanos. También Gil (2012) hace mención del Vectigal, aseverando que los romanos obtuvieron importantes ingresos de las minas de Hispania.

Guzmán (2024) también hace mención al Metalla vectigal, y Gilmart (2013) hacía mención del cobro de impuestos a las minas por ser tierras públicas que el imperio arrendaba.

Según lo señalado por Rickard (1928), basado en la Lex Metalli Vipascensis, en la península ibérica, las minas eran arrendadas por el procurador de minas, a pequeños contratistas, quienes pagaban una tarifa por el arriendo y también una renta al tesoro imperial romano, de la mitad del valor de los minerales extraídos, es decir, 50 % de la producción, este pago también es expuesto por Blásquez (2014).

Guzmán (2024) ha señalado que en el año 382 d.C. bajo el mandato de Teodosio, se impuso a los explotadores de minas un gravamen de la décima parte de su producción, una parte para el fisco y otra para el dueño del terreno si era propiedad privada.

Rodríguez (2006) expuso que en la Europa bajomedieval, algunos monarcas cobraban el diezmo que había sido heredado del Imperio Romano, mientras que de acuerdo con lo expresado por Romero (2017), durante el sistema regaliano en lo que hoy es España, se pagaba un tributo de dos tercios de la producción neta al monarca.

Adicionalmente, Guzmán (2024) aseveró que mediante las Ordenanzas de Briviesca de 1387, se estableció el principio de libertad de exploración, pero con un tributo de dos tercios del producto líquido para la Corona.

En la época colonial hispana en América, con base en la legislación presente en la Recopilación de leyes de los reynos de las Indias (1841a,b) es evidente la existencia de un sistema tributario minero que giraba en torno al “quinto real”, un impuesto que representaba la quinta parte (20 %) de la producción minera para la Corona española.

En general, la legislación establecía que las minas de oro, plata y otros minerales, así como las salinas, debían pagar el quinto de su producción al Rey. Este impuesto se aplicaba sobre el valor neto de los metales extraídos, una vez fundidos y determinada su calidad.

Sin embargo, existían excepciones y variaciones a esta regla general. En algunos casos, la Corona

concedía exenciones especiales que permitían pagar impuestos reducidos, como el diezmo (10 %), el dozavo (1/12) o el veinteno (1/20), en lugar del quinto real.

Además, para nuevos descubrimientos mineros de plomo, estaño, cobre, hierro y metales similares, se contemplaba una reducción temporal al diezmo durante los primeros diez años de explotación, buscando incentivar la actividad minera en estas nuevas áreas.

Se puede aseverar que la legislación indiana buscaba asegurar un ingreso constante para la Corona a través del quinto real sobre la producción minera, aunque también contemplaba mecanismos para fomentar la minería mediante excepciones y reducciones en ciertos casos y para ciertos metales.

Es de señalar que Vergara (1989) también se refirió a los "quintos reales", así como Palmero (2005), y Rodríguez (op. cit.), este último, expuso al Quinto Real como el impuesto general sobre los metales preciosos, además, indicó que los concesionarios pagaban porcentajes fijos (ejemplo: 5,5 % para plata bajo Felipe V; 3 % para oro bajo Carlos III).

También Ariza (2002) hizo referencia a los impuestos mineros en la colonia, destacando que desde 1627 se podía declarar el oro en la Casa de Moneda de Santa Fe, Nuevo Reino de Granada, autorizada para cobrar solo el 5% del metal amonedado (veinteno), incluidos los derechos de fundición. En 1664, en plena crisis fiscal, la Corona restableció el impuesto a su valor original del 20%.

Hacia el final de la época colonial se constituyó la República de Colombia, la que inicialmente estaba conformada por los territorios que se habían denominado Virreinato de Nueva Granada y Capitanía General de Venezuela, tal y como consta en la Ley Fundamental de Colombia (1819) y en la Constitución de 1821, también conocida como la Constitución de Cúcuta.

Estos instrumentos legales no contenían disposiciones acerca del establecimiento de un sistema tributario para las minas, ni otra actividad, salvo que la Constitución de 1821, en su artículo 188, establecía que tenían vigencia las disposiciones legales que les habían estado rigiendo si no eran contrarias a la nueva legislación.

Todo lo anterior permite inferir, que en materia tributaria minera, continuaba en vigencia lo antes señalado. Posteriormente, en 1829, el presidente Libertador Simón Bolívar, promulgó un decreto en el que se estableció el uso de la ordenanza de minas de Nueva España de 1783, con algunas excepciones.

Desde el Imperio Romano, con el Vectigal, pasando por los diezmos medievales y el sistema regaliano, hasta llegar al Quinto Real español, las tasas impositivas fluctuaron desde el 50 % en la antigua Roma hasta el 20 % del Quinto Real, con variaciones diversas en tan largo período.

Todos esos siglos de tributación minera fueron la herencia que dominó la mentalidad tributaria minera de lo que llamamos la Gran Colombia, y lo que estuvo vigente por algunas décadas en la República de Venezuela, como se verá más adelante.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la evolución de los impuestos establecidos en la legislación minera venezolana entre 1832 y 1999, exceptuando a los hidrocarburos.

Objetivos específicos

1. Describir la evolución histórica de los impuestos establecidos en la legislación minera venezolana entre los años 1832 y 1999.
2. Identificar los tipos de impuestos mineros que fueron implementados en Venezuela durante el período estudiado, analizando sus características, tasas y periodos de vigencia.
3. Analizar las tendencias y cambios en la política tributaria minera venezolana a lo largo del tiempo, buscando identificar las posibles motivaciones detrás de las modificaciones legislativas.
4. Contribuir al entendimiento de la historia de la legislación minera venezolana, específicamente en el ámbito tributario, ofreciendo un análisis sistemático y documentado.

Metodología

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque histórico-legal, con una metodología de análisis diacrónico documental.

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la legislación minera venezolana comprendida entre los años 1832 y 1999. La recopilación de fuentes primarias se centró en códigos, leyes, decretos y resoluciones publicados en recopilaciones legislativas y gacetas oficiales.

Adicionalmente, se realizó una consulta de legislaciones y referencias históricas que permitieran conocer los antecedentes en materia de tributación minera, ya que la del período de estudio es producto de una herencia histórica.

También, se hizo revisión de literatura académica sobre tributación minera, historia del derecho minero y economía minera, con el fin de contextualizar el análisis y contrastar los hallazgos.

El análisis de la información se realizó de forma descriptiva y cronológica, identificando y clasificando los diferentes tipos de impuestos, sus variaciones en el tiempo, y las posibles justificaciones o motivaciones detrás de los cambios legislativos.

Se elaboraron tablas comparativas para visualizar la evolución de los impuestos clave, facilitando la identificación de tendencias y patrones a lo largo del período estudiado.

Finalmente, se realizó un análisis interpretativo de los resultados, buscando establecer conclusiones sobre la evolución de la tributación minera en Venezuela y su posible impacto en el sector.

Resultados

Escindida la República de Colombia y creado el Estado de Venezuela, nos encontramos con que el primer acto legislativo en materia de minas fue la **Resolución del 29 de abril de 1832** declarando que en materia de minas regía la ordenanza de Nueva España de 1783, basándose en el decreto de 1829, que había sido promulgado por el Libertador Bolívar.

Dieciocho años después, se promulga el **Decreto sobre las Minas en el Yuruario** en cuyo artículo 13, quedó establecido que el quinto (20 %), heredado de la legislación española, continuaba en vigencia.

Para **1854**, se crea el primer **Código de Minas de Venezuela**, el cual se presenta como un marco legal diseñado para estimular la industria minera, buscando atraer inversiones mediante incentivos fiscales, diversificar la producción mineral, generar ingresos para el estado (aunque de forma selectiva), y desarrollar capacidades locales en minería mediante la formación de capital humano.

El código balanceaba la promoción del sector privado con la participación y el control estatal, especialmente en Guayana, y con una visión de desarrollo a largo plazo para la industria minera. Todo lo anterior se deriva de lo expuesto en los artículos 1 y 4 de la primera ley del código, y los artículos 9 al 12 de la tercera ley.

En síntesis, lo que se estableció fue que el impuesto por producción sería del 10 % del producto neto, por cada concesión se debía pagar 30 pesos para financiar educación en minas y mecánica, exención por 20 años del pago de todo impuesto nacional o municipal, exención de impuestos, por 20 años, para importación de insumos y maquinarias para el ejercicio de la minería, se estableció una prima por 5 años, de entre 0,5 y 0,625 pesos por cada tonelada de carbón y otros minerales que se especifican.

En **1866** se promulgó el **Decreto Reglamentando la Explotación de los Terrenos Auríferos de Guayana** en el que se ratificaba la obligación de tributar el 10 % del producto neto por la producción, también se ratificaba el pago de 30 pesos por cada título minero, aunque no se hacía mención del destino de tal pago, pero como estaba vigente el Código de Minas, el destino sería las cátedras de minería y mecánica.

El **Código de Minas de 1885**, estableció:

- Contribución por concesión (Art. 35): Bs. 15 anuales.
- Contribución por batería de trituración de 5 pilones (Art. 35): Bs. 1.000 cada año. Si se utilizan otras máquinas o aparatos, se paga Bs. 1.000 por cada uno, cada año.
- Contribución por barranco (Art. 37): Bs. 30 anuales.
- Exenciones:

Otros impuestos (Art. 35): Una vez pagadas las contribuciones señaladas en el artículo 35, no se aplicarán otros impuestos nacionales o seccionales sobre la mina o sus productos durante la concesión.
Minas de carbón de piedra (Art. 37): Exentas de toda contribución.
Explotación de bosques para servicio de la mina (Art. 25): Si el concesionario compra la superficie y explota los bosques para el servicio de la mina, la propiedad adquirida no se grava con ningún impuesto nacional o seccional.

En **1887**, se promulgó el **Decreto Reglamentario de la Ley de Minas de 1887**, el cual derogó los impuestos existentes del código de 1885, a los cuales ese código llamaba contribuciones. (Arts. 37 y 38), además, estableció que el impuesto de producción sería de 1 % del valor bruto de la producción (Art. 39), quedando exceptuados varios recursos minerales (listados en el artículo 40).

También estaban exceptuados, todos los contratos especiales vigentes, los cuales debían seguirse por lo que tenían establecido.

La promulgación del **Código de Minas de 1891** trajo consigo la duplicación del impuesto de producción, es decir, de ahí en adelante se debía pagar el 2 % del producto bruto (Art. 69).

El código también establecía una exención de impuestos para la explotación del oro de greda o de aluviones por el sistema de barrancos (Art. 72), y una exención de derechos de importación para las máquinas, herramientas y utensilios que se importen para el laboreo y explotación de las minas (Art. 71).

El **Código de Minas de 1893** modificó la tributación minera al establecer un impuesto anual superficial de 0,50 bolívares por cada hectárea de la concesión minera (Art. 96).

Además, el impuesto sobre el producto bruto para las minas de oro, platino, plata y piedras preciosas, era de 0,5 %, y para los demás recursos minerales, no se pagaba impuesto por producción, solo el impuesto superficial (Art. 96).

Adicionalmente, ofrecía un par de exenciones que a saber fueron:

- Ratificación de exención de derechos de importación establecida por el Código de Hacienda vigente: Para maquinarias, herramientas, aparatos, repuestos, materiales y sustancias químicas para uso en la explotación y aprovechamiento de minas (Art. 98).
- Exención de impuestos para la explotación de oro de greda o aluviones, salvo que se hiciera por concesiones mineras o contratos especiales con el Ejecutivo. (Art. 99)

El impuesto superficial se elevó a 2 bolívares anuales por cada hectárea que tuviere la concesión, todo esto a partir de Código de Minas de 1904, adicionalmente, si la concesión estaba en la fase de producción, debía cancelar el 3 % del producto bruto, pero para los casos de concesiones para producir oro de aluvión, el impuesto de producción se elevaba a 10 % del producto bruto. (Art. 96).

Por otra parte, la exoneración de impuestos de importación de maquinarias, equipos y demás insumos para minería, a diferencia de la legislación previa, comenzó a ser algo discrecional. (Art. 98).

El gobierno nacional, en **1906**, promulgó el **Reglamento de la Ley de Minas de 1905**, en el que en materia tributaria, no alteró en nada lo establecido en 1904, tal y como se puede evidenciar en los artículos 70, 71, 76 y 78.

El **Código de Minas de 1909**, redujo el impuesto superficial a 0,5 bolívares por hectárea por año, adicionalmente, solo en el caso de minas de veta o filón de oro, plata, platino, mercurio o piedras preciosas, se debía pagar un 1 % del producto bruto. (Arts. 93 y 96).

También, se estableció la exoneración de cualquier otro gravamen nacional, regional o local. (Art. 93). Asimismo, se establecía que la minería de carbón y de insumos para fertilizantes, estaba totalmente exenta de impuestos de cualquier tipo. (Arts. 95 y 98). Igualmente, la minería por barrancos y similares. (Art. 97).

De la misma forma, se estableció exenciones de impuestos de importación para maquinarias, equipos, repuestos y

productos químicos esenciales para la operación minera y metalúrgica, incluyendo también metales brutos necesarios para ensayos y beneficios de minerales. (Arts. 102 y 103)

Adicionalmente, se estableció una rebaja de impuestos de importación para el caso de los explosivos y se dejó al Ejecutivo la potestad de exonerar tales impuestos. (Art. 103).

Por su parte, el **Código de Minas de 1910**, mantuvo el impuesto superficial, (Arts. 84, 85 y 87), pero incrementó el impuesto por producción a 3 % del producto bruto en los casos de minas de veta o filón de oro, plata, platino, mercurio o piedras preciosas (Art. 84).

Para el caso de las minas de aluvión o greda, sea cual fuere la forma en que se explotaran, se estableció un pago de 3 % del producto bruto. (Art. 87).

Además, se eliminó la exención de pagos de impuestos por producción que existía, estableciendo 0,50 bolívares por tonelada de material bruto explotado, en los casos de los demás minerales, (Art. 85), con la excepción del carbón al que se le estableció 1 bolívar por tonelada (Art. 86).

Finalmente, se sostuvo las exenciones de impuestos de importación de diversos insumos, maquinarias y equipos para realizar minería (Art. 92), y también se sostuvo la rebaja arancelaria para explosivos. (Art. 93).

El impuesto superficial de 0,50 bolívares por hectárea cada año, se sostuvo en la Ley de Minas de 1915, (arts. 83, 84, 86), pero en el caso de las minas de carbón, arrendadas por el Poder Ejecutivo, no se cobraba impuesto superficial. (Art. 87).

En lo atinente al impuesto de producción se estipulaba que:

- Oro, platino o mercurio: Bs. 0,10 por cada gramo de metal bruto extraído. (Art. 83).
- Plata: Bs. 0,01 por cada gramo de metal bruto extraído. (Art. 83).
- Piedras preciosas: 3 % del producto bruto. (Art. 84).
- Otros minerales: Bs. 0,50 por cada tonelada de material bruto explotado. (Art. 84).
- Minas de carbón arrendadas por el Ejecutivo: Mínimo Bs. 1,00 por tonelada explotada (Art. 85).
- Aluvión o greda: Bs. 0,10 por cada gramo de metal bruto obtenido (Art. 86).

También en esta ley se continuó concediendo las exenciones de impuestos de importación de diversos insumos, maquinarias y equipos para realizar minería (Art. 92), y también se sostuvo la rebaja arancelaria para explosivos. (Art. 93).

Una nueva imposición tributaria, esta vez contra la exploración, fue creada en la Ley de Minas de 1918, dicha imposición consistía en el pago de 250 bolívares anuales por cada mil hectáreas o fracción. (Art. 88).

También se crearon modificaciones a los impuestos existentes:

- Impuesto superficial anual:
  Carbón: 2 a 5 Bs/ha. (Art. 6).
  Minas de aluvión/greda: 0,50 Bs/ha durante los primeros 3 años, luego 100 Bs/ha (Art. 83).
  Minas de veta o filón: 1 Bs/ha durante los primeros 3 años, luego 2 Bs/ha (Art. 84).
  Si no se inicia la explotación en 3 años o hay fuerza mayor comprobada: Bs. 0,5 Bs/ha (aluvión) o 1 Bs/ha (veta) (Art. 85).
- Impuesto de explotación (Arts. 6 y 86):
  Carbón: 8 % a 15 % del valor comercial. (Art. 6).
  Oro: Bs. 0,10 por gramo extraído.
  Cobre: Bs. 0,60 por tonelada de mineral.
  Demás sustancias del Art. 2: 3 % del valor mercantil a la salida de la mina, según precio promedio del semestre anterior. Minerales concentrados pagan en proporción a la concentración.

En el caso de un grupo de recursos minerales, entre los que se encuentran los normalmente empleados para el sector de la construcción y para fertilizantes, se exoneraba el impuesto, pues estaban sujetos a lo que el propietario de los mismos estipulara. (Art. 8).

De la misma forma se contempló la exención o rebaja de derechos de importación de: maquinaria, herramientas, explosivos, etc. (Art. 91 y 92).

Los legisladores venezolanos, en 1920, sepa-

raron lo relativo a carbones, del resto de la materia minera inorgánica, de tal forma que aparte de la Ley de Minas de 1920, promulgaron la Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles, en esta última, junto con los hidrocarburos, se trató lo relativo a carbones.

La **Ley de Minas de 1920**, sostuvo en materia de impuestos, lo que ya establecía la de 1918, es decir:

- Pago por exploración exclusiva (Art. 88): Anualmente, se debían pagar Bs. 250 por cada mil hectáreas o fracción.
- Impuesto superficial anual:
  Minas de aluvión/greda: 0,5 Bs/ha durante los primeros 3 años, luego 1 Bs/ha. (Art. 83).
  Minas de veta o filón: 1 Bs/ha durante los primeros 3 años, luego 2 Bs/ha. (Art. 84).
  Si no se inicia la explotación en 3 años o hay fuerza mayor comprobada: 0,5 Bs/ha (aluvión) o 1 Bs/ha (veta). (Art. 85).
- Impuesto de explotación (Art. 86):
  Oro: Bs. 0,10 por gramo extraído. (Art. 86).
  Cobre: Bs. 0,60 por tonelada de mineral. (Art. 86).
  Demás sustancias del Art. 2: 3 % del valor mercantil a la salida de la mina, según precio promedio del semestre anterior. Minerales concentrados pagan en proporción a la concentración. (Art. 86).
- Exención o rebaja de derechos de importación: Maquinaria, herramientas, explosivos, etc. (Art. 91 y 92).

Por otra parte, en materia de carbones, la **Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles**, establecía en materia de impuestos:

- Impuesto superficial: Pago de 400 Bs/año. (Art. 32)
- Impuesto de producción: Pago de entre 10 % y 15 % del valor bruto. (Art. 32).

Al año siguiente, se promulga una nueva **Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles** en la que se modificó el impuesto superficial y el "piso" de la rebaja del impuesto de producción:

- Impuesto superficial: Pago de 2 Bs/ha. (Art. 32)
- Impuesto de producción: Pago de entre 10 % y 15 % del valor bruto y nunca pudo haber sido inferior a 1 Bs/t. (Art. 32).

Para **1922**, se promulgaron, nuevamente, la **Ley de Minas** y la **Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles**. Con respecto a la Ley de Minas, no se produjeron cambios con respecto a impuestos, como se puede evidenciar en los artículos 83-86, 88, 91 y 92.

Asimismo, la **Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles**, en materia de carbones, contemplaba:

- Impuesto de exploración (Art. 33): 0,1 Bs/ha. No se indicaba si era por única vez o con alguna frecuencia.
- Impuesto inicial de explotación (Art. 34): 1 Bs/ha.
- Impuesto superficial (Art. 35): 1 Bs/ha anualmente durante los 3 primeros años, los demás años el impuesto sería de 2 Bs/ha.
- Rebaja de impuestos (Art. 42): Reducción de 50 % de los impuestos contemplados en los artículos 33, 34 y 35, si se dan las situaciones planteadas.

La legislación minera, posterior a 1922 y hasta 1944, no estuvo disponible para esta investigación, en **1944** se promulgó otra **Ley de Minas** en la que se vuelve a incorporar a los carbones al ámbito de la legislación minera.

- Pago por exploración exclusiva (Art. 92): Anualmente, se debían pagar Bs. 250 por cada mil hectáreas o fracción.
- Impuesto superficial anual:
  Minas de minerales del artículo 7, otorgados por el gobierno federal: 1 Bs. anuales/ha. (Art. 8).
  Minas de aluvión: 0,50 Bs anuales/ha (Art. 84).
  Minas de veta o manto: 1,00 Bs anuales/ha (Art. 85).
  Exención o reducción para concesiones de carbón, según el monto del impuesto de explotación pagado (Art. 85).
- Impuesto de explotación:
  Libre aprovechamiento: 3 % del valor mercantil del mineral enriquecido extraído. (Art. 86).
  Oro, plata, platino y metales asociados: 1 % del valor comercial en Caracas del metal refinado. (Art. 87).
  Diamante y piedras preciosas: 3 % del valor comercial en Caracas.(Art. 87).

Otros minerales: 1 % del valor en la mina, según la riqueza, precio y clasificación del mercado comprador (declarado por el productor).(Art. 87).

- Impuesto por título de exploración: 0,25 Bs/ha. (Art. 178).
- Exenciones:
  Minerales del artículo 7 en los casos en los que el suelo no pertenece al Estado.
  Importación de insumos, maquinarias, equipos y todo lo relacionado para el ejercicio de la minería en sus diferentes etapas, siempre y cuando no se produjeran en el país. (Arts. 96-98).

Esta ley es inédita en facultar al gobierno para establecer ventajas especiales para la Nación en materia de impuestos. (Art. 91).

55 años después se promulgó la **Ley de Minas de 1999**, la cual en materia de impuestos establece lo siguiente:

- Impuesto superficial (Art. 90): Se aplica a partir del cuarto año de la concesión, el pago depende de la superficie y de la cantidad de años que tenga el derecho minero otorgado, así como del tipo de mineral, los montos a pagar están referidos en unidades tributarias (UT). En los casos de oro y diamante se aplica la Tabla A, que oscila entre 0,14 UT/ha y 0,38 UT/ha, los demás minerales pagan según la Tabla B, la cual oscila entre 0,14 UT/ha y 0,22 UT/ha. Una vez se comience a pagar el impuesto de explotación, este podrá descontarse del impuesto superficial hasta la concurrencia del monto.
- Impuesto de explotación (Art. 90): Las tasas varían según el mineral:
  3 % del valor comercial en Caracas para oro, plata, y metales del grupo del platino.
  4 % del valor comercial en Caracas para diamante y otras piedras preciosas.
  3 % del valor comercial en la mina para otros minerales (incluyendo costos hasta el transporte fuera del área o planta de beneficio). Este impuesto puede ser reducido hasta 1 % por el Ejecutivo Nacional según las condiciones económicas.
- Impuesto por productos semielaborados, refinados o beneficiados (Art. 91): Se dejó a la discrecionalidad del Ministerio establecer el precio de referencia para calcular el valor comercial en la mina a fin de determinar el impuesto de explotación.
- Exención de Impuestos de Importación (Art. 92): En esta oportunidad se concedió al Poder Ejecutivo la discrecionalidad de exonerar total o parcialmente los impuestos de importación de elementos y útiles indispensables para la actividad minera, siempre que no se produzcan en el país en condiciones que hagan innecesaria la importación.

En esta ley se amplió el espectro de las ventajas especiales que se habían incorporado a la legislación minera venezolana con la Ley de Minas de 1944; en el Art. 35, quedó establecido, con evidente claridad, la discrecionalidad del Ministerio de Energía y Minas para estipular las ventajas especiales para la República.

A lo largo del período de estudio, la legislación minera venezolana creó 7 impuestos distintos, algunas exenciones y hasta hubo un lustro en el que existieron primas.

En las tablas 1 a la 3, se sintetizan los resultados obtenidos en esta investigación.

Análisis de los resultados

Impuesto por producción

El periodo de estudio se inicia con un elevado impuesto ad valorem que es heredado desde la época colonial, es decir, el quinto real o 20 %, el cual fue reducido a la mitad con la promulgación del primer código minero venezolano, lo cual permite inferir que había interés en fomentar la actividad minera.

Este, aún muy alto impuesto por producción, se sostuvo hasta 1885 cuando fue eliminado, y se crearon tres nuevos impuestos con montos fijos anuales, como son el impuesto por concesión, el impuesto por activo de producción directa y el impuesto por barrancos

De todo esto pudiera colegirse que los legisladores intentaron promover la inversión en minería, o tal vez se habían percatado de alguna debilidad insti-

Tabla 1. Evolución del impuesto a la producción.

Período	Base Imponible	Tasa Impositiva	Observaciones
1832-1854	Producción	20%	-
1854-1886	Producto neto	10%	-
1886-1887	-	0%	-
1887-1891	Valor bruto de la producción	0 % y 1 %	Exceptuados: las minas de plata, cobre, hierro, cromato de hierro, plomo, mercurio, estaño, zinc, asfalto, carbón de piedra, maderas fósiles, turbas, aguas minerales, materiales para la agricultura y escultura y materias primas de la industria cerámica.
1891-1893	Producto bruto	2%	-
1893-1904		0 %, y 0,5 %	Solo pagaban los productores de oro, platino, plata y piedras preciosas.
1904-1909	Producto bruto	3 % y 10 %	3 % para todos menos oror de aluvión que pagaba 10 %
1909-1910	Producto bruto	0 % y 1 %	Pagaban solo las minas de veta o filón de oro, plata, platino, mercurio o piedras preciosas.
1910-1915	Producto bruto	3%	Para minas de veta/filón de oro, plata, platino, mercurio o piedras preciosas), y también las minas de aluvión o greda.
	Tonelada	0,5 Bs/t y Bs. 1 Bs/t	Las minas de carbón debían pagar 1 Bs/t
1915-1918	Gramo	0,01 Bs/g y 0,1 Bs/g	0,1 para minas de oro, platino y mercurio, así como para las de aluvión y greda; las de plata debían pagar 0,01
	Producto bruto	3%	Piedras preciosas.
	Tonelada	0,5 Bs/t y 1 Bs/t	Las minas de carbón debían pagar 1 Bs/t
1918-1920	Gramo	0,1 Bs/g	Oro.
	Tonelada	0,6 Bs/t	Cobre.
	Valor comercial	8 % a 15 %	Carbón
	Valor a boca de mina	3%	Todos los demás minerales.
1920-¿?	Gramo	0,1 Bs/g	Oro.
	Tonelada	0,6 Bs/t	Cobre.
	Valor bruto	10 % - 15 %	Carbón.
	Valor a boca de mina	3%	Todos los demás minerales.
1944-1999	Valor comercial en Caracas del metal refinado	1%	Oro, plata, platino y metales asociados.
	Valor comercial en Caracas	3%	Diamante y piedras preciosas.
	Valor mercantil del mineral enriquecido	3%	Libre aprovechamiento.
	Valor en mina	1%	El resto de los minerales.
1999-	Valor comercial en Caracas	3%	Oro, plata, platino y metales asociados.
	Valor comercial en Caracas	4%	Diamante y piedras preciosas.
	Valor en mina	3%	Los demás minerales.

tucional para la materialización de los impuestos ad valorem que se habían estado cobrando tradicionalmente.

No debe haber dado resultados positivos, pues un par de años después se eliminaron los impuestos fijos que se habían creado y se retornó al tipo de impuestos ad valorem, esta vez con una tasa del 1 %, la cual se elevó a 2 %, presumiblemente, por haber resultado positivamente la captación de inversiones y tal vez queriendo encontrar el porcentaje adecuado a cobrar para encontrar un punto de equilibrio en el que la inversión se mantuviera activa y la nación obtuviera adecuados ingresos por el agotamiento de esos recursos de su propiedad.

Muy posiblemente, deben haber caído en captación de inversiones para minería, pues un par de años después, el impuesto ad valorem vuelve a ser diminuido y quedando solo para minerales preciosos, al tiempo que se creó un nuevo impuesto, esta vez, el impuesto superficial.

Lo anterior debe haber dado resultados aceptables, pues pasaron 11 años para que se produjera un nuevo cambio, en el que muy posiblemente se intentó volver a probar si la minería toleraba una mayor carga fiscal.

El presunto ensayo no debe haber resultado, una vez más, pues un lustro des-

Tabla 2. Evolución del Impuesto Superficial

Período	Tasa Impositiva anual	Notas Adicionales
1893-1904	0,5 Bs/ha	-
1904-1909	2 Bs/ha	-
1909-1918	0,5 Bs/ha	-
1918-1920	0,50 Bs/ha a 5 Bs/ha	Tasa impositiva variable, tanto por tiempo transcurrido como tipo de mina
1920-1921	0,50 Bs/ha a 2 Bs/ha	Tasa impositiva variable, tanto por tiempo transcurrido como tipo de mina
1920-1921	400 Bs.	Carbón
1921-1922	2 Bs/ha	Carbón
1922-¿?	1 Bs/ha y 2 Bs/ha	Tasa impositiva variable, tanto por tiempo transcurrido como tipo de mina
1944-1999	0,5 Bs/ha	Minas de aluvión
1944-1999	1 Bs/ha	Minas de veta o manto y los minerales del Art. 7 cuyo propietario sea el Ejecutivo Federal
1999-	0,14 UT/ha a 0,38 UT/ha	Unidad tributaria (UT). Pagadero a partir del 4to año, variable, por tiempo, por superficie y por tipo de mineral.

Tabla 3. Impuestos por exploración, por concesión, por activo de producción, por barranco, por inicio de explotación

	Período	Tasa	Notas adicionales
Impuesto por exploración	1918-1999	250Bs	Cada año por cada 1.000 ha.
	1922-¿?	0,10Bs	Cada año por cada ha.
Impuesto por concesión	1885-1887	15Bs	Cada año.
	1944-1999	0,25Bs	Cada año por cada ha.
Impuesto por activo de producción directa	1885-1887	1.000Bs	Por cada activo de producción.
Impuesto por barranco	1885-1887	30Bs	Cada año.
Impuesto inicial de explotación	1922-¿?	1Bs	Por cada ha.

pués, se vuelve a reducir el impuesto a 1 % para recursos minerales preciosos, mientras que el resto de los recursos minerales estaban exentos.

Sin embargo, al año siguiente se vuelve a ensayar, elevando el impuesto de 1 % a 3 %, y el resto de los recursos minerales, que estaban exentos, comenzaron a pagar un impuesto específico por tonelada, con lo cual el sistema tributario se convertía en mixto, es decir, ad valorem en los preciosos y específico en el resto.

Es de inferir que el ensayo anterior dio resultados, y transcurrido un quinquenio se profundizó con el sistema mixto o híbrido, dejando ad valorem y sin cambio a las piedras preciosas, mientras que los metales preciosos pasaron a la modalidad de impuestos específicos en Bs/g y el resto de los recursos minerales continuaron con su mismo impuesto específico que ya tenían.

En la Ley de Minas de 1918 se realizaron cambios importantes en el sistema híbrido de tributación, que se sostuvieron, por lo menos hasta las sucesivas leyes que se promulgaron hasta 1922, concentrándose en oro, cobre y carbón, muy posiblemente por el comportamiento que se había estado observando en los precios internacionales del cobre y el carbón en los años precedentes, y en el oro debido a que era el soporte del sistema financiero mundial. Destaca en este período lo elevado del impuesto al carbón.

Para 1944, se recuperó la sindéresis con respecto al rango de cobro de impuestos, entre 1% y 3%, al tiempo que se abandonó el sistema híbrido y se retomó al ad valorem.

La modalidad ad valorem como única opción se sostuvo en la ley de 1999, pero se elevó el rango de impuestos, entre 3 % y 4%.

Impuesto superficial

Este impuesto específico anual, se ha venido cobrando en Venezuela, desde el Código de Minas de 1893 hasta la actualidad, habiendo fluctuado, normalmente, entre 0,5 Bs/ha y 2 Bs/ha, excepcionalmente, alcanzó a 5 Bs/ha para la minería de carbón entre 1918 y 1920, año este en el que fue sustituido por la astronómica cifra, para ese tiempo, de 400 Bs/año, lo cual rigió entre 1920 y 1921.

Es de hacer notar que la ley vigente estableció un rango entre 1.344,00 Bs/ha hasta 3.648,00 Bs/ha (BCV, 2025b y SENIAT, 2025), pero al estar fijado el impuesto en unidades tributarias y dada la destrucción consecutiva de la unidad monetaria venezolana, en la actualidad, ese rango es equivalente a entre 126 x 1012 Bs/ha a 342 x 1012 Bs/ha, expresado en términos de aquellos bolívares, en 1999 un dólar estadounidense costaba alrededor de 665 Bs (BCV, 2025), ac-

tualmente cuesta alrededor de 7 x 1015 Bs de aquellos (BCV, 2025).

Impuesto por exploración

El gran error de colocarle un impuesto a la exploración geológica se cometió desde 1918 hasta 1999, lapso durante el cual, el monto nunca varió, pero, por algunos años, y para carbón, se estuvo cobrando 0,1 Bs/ha, es decir, menos de la mitad, de lo que se cobraba a las concesiones de los demás recursos minerales.

Cobrar impuestos por exploración geológica a las empresas mineras desincentiva la inversión en una fase crucial del desarrollo minero. La exploración es una actividad de alto riesgo y alto costo, sin garantía de éxito, con una elevadísima tasa de fracasos, siendo una actividad que realizan empresas y personas de altísima tolerancia al riesgo, si el Estado tuviese que realizar la exploración geológica estaría empleando los escasos recursos de la ciudadanía, de manera muy irresponsable.

Los impuestos por exploración no son promotores de inversión y conducen a que no haya conocimiento científico de los recursos minerales de la nación, por lo general la ausencia de exploración científica, le da paso a la exploración de aventureros que actúan ilegalmente y carecen de la capacidad económica para materializar proyectos mineros que beneficien a la sociedad y a la nación.

Impuestos varios y primas

Como se aprecia en los resultados, el resto de los impuestos, así como las primas que se crearon durante el proceso de evolución de la legislación minera venezolana fueron de efímera duración, salvo el impuesto a la concesión, que se repitió dos veces (1885 y 1944).

Con estos impuestos efímeros pareciera que se estaban haciendo ensayos en la búsqueda de un esquema tributario efectivo, sin embargo, su duración pudiera ser la evidencia de que no resultaron adecuados.

Por otra parte, el establecimiento del impuesto a la concesión en 1944 al mismo tiempo que los otros impuestos establecidos, deja ver un espíritu que para nada es promotor de la inversión en minería, es decir, al parecer los legisladores se inclinaron por cobrar más a los pocos que invirtieran, en lugar de cobrar menores cantidades a más inversionistas al tiempo que se generaba más dinamización económica.

Las primas estuvieron vigentes, para la producción de carbón por 31 años, en evidente interés de los legisladores por incentivar la producción de ese recurso, muy posiblemente debido al incremento sostenido de la tasa de participación del carbón en el mix de energía del siglo XIX, como se puede evidenciar en Globalsyde (2022).

Exenciones

A partir del primer Código de Minas se inicia con un espíritu promotor de la minería con una fuerte reducción del impuesto por explotación acompañado de la exención de cualquiera otro impuesto.

Sin embargo, tal espíritu fue decayendo gradualmente en su magnitud a medida que se fueron promulgando los distintos instrumentos legales estudiados. Esta disminución se fue acompañando de cada vez mayor discrecionalidad, a partir de 1904, alcanzando niveles superlativos en 1999.

Las exenciones más comunes y consistentes a lo largo del tiempo se refieren a la importación de insumos, maquinarias, equipos, herramientas, repuestos y productos químicos necesarios para la actividad minera. Todo esto muy posiblemente debido a la ausencia de producción de tecnología e insumos de calidad adecuada para el ejercicio de la minería.

Ventajas especiales

Si bien las ventajas especiales no se denominan formalmente como impuestos, comparten muchas características con los impuestos indirectos. Representan una obligación económica adicional impuesta a las empresas mineras.

La discrecionalidad con la que nacieron en 1944 y la profundización de esa discrecionalidad en 1999, representan uno de los elementos de la legislación minera para desincentivar la inversión, amén de que como toda discrecionalidad en manos

de funcionarios públicos, puede fomentar la corrupción.

Si las ventajas especiales estuvieran claramente tipificadas, y fueran iguales para cada segmento del negocio minero, no serían un problema, y serían calculables en los estudios de factibilidad económica.

El surgimiento de las ventajas especiales en forma discrecional, y su permanencia por 85 años, ha sido infeliz en la evolución legislativa minera.

Conclusiones

Ante la ausencia de información sólida para explicar el comportamiento de los legisladores a lo largo del tiempo, y solo con base en lo promulgado en la legislación minera durante el período de estudio, se pudiera concluir que a medida que ha ido transcurriendo el tiempo, los legisladores han estado abandonando el espíritu de promoción y captación de inversiones para promover la dinamización de la industria minera, en favor de una deficiente estrategia rentista.

Se ha evidenciado que las reformas tributarias establecidas en la legislación minera venezolana en el período de estudio han seguido un patrón hacia cada vez mayor regulación y control.

Sin embargo, los datos de esta investigación, salvo pocas excepciones, muestran que hubo interés por parte de los legisladores en promover la minería y captar inversiones hacia ese sector. Podría aseverarse que ha habido un largo proceso de ensayo-error, posiblemente en la búsqueda de una relación ganar-ganar entre la nación y los inversionistas.

Es necesario suponer, que ha habido otras variables, no analizadas en esta investigación, que han influido para que la minería en Venezuela no haya desarrollado el potencial que se presume tiene.

Habría que investigar, el conjunto de los demás impuestos de la nación a lo largo del período de estudio, así como otras disposiciones de la legislación minera que podrían haber ocasionado que la actividad minera haya tenido tan paupérrimo desempeño macroeconómico.

Referencias

Agencia Estatal de Administración Tributaria de España (AEAT). (s.f.). ¿Desde cuándo hay impuestos? Portal Educación Cívico Tributaria. Recuperado el 17 de marzo de 2025, de https://www.agenciatributaria.es/AEAT.educacion/Profesores_VT6_es_ES.html

Alajarín Cascales, C. (2009). El denario del tributo. Revista OMNI, (1), 27-34. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4061936.pdf

Ariza Ariza, N. (2022). Fraude fiscal y contrabando de metales en el Nuevo Reino de Granada. El caso de las minas de Pamplona durante el siglo xvii. Historia Crítica, 1(85), 3-25. https://doi.org/10.7440/histcrit85.2022.01

Atinc, T. M. (1995). "13 Issues in Natural Resource Taxation". In Reforming China's Public Finances. USA: International Monetary Fund. Retrieved Mar 19, 2025, from https://doi.org/10.5089/9781557755117.071.ch013

Banco Central de Venezuela (BCV) (2025a). Producto interno bruto. https://www.bcv.org.ve/estadisticas/producto-interno-bruto

Banco Central de Venezuela (BCV) (2025b). Series históricas de otras monedas. https://www.bcv.org.ve/estadisticas/otras-monedas?page=0%2C9

Blázquez, J. M. (2014, 12 de septiembre). El sistema impositivo en la Hispania romana. Real Academia de la Historia. Madrid. https://www.cervantesvirtual.com/descargaPdf/el-sistema-impositivo-en-la-hispania-romana-0/

Calderón Berrocal, M. C., Romero Macías, E. M. (2011). La minería en la historia. Sobre el derecho de los reyes en las minas de oro, plata y otros metales, aguas y pozos de sal. HASTIAL: Revista digital de patrimonio minero ibérico, 1(V1), 285-320. https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/23366/2011,%20Hastial%201-10.pdf?sequence=2

Congreso de la República de Venezuela (1832, 29 de abril). Resolución declarando que en materia de minas rige la ordenanza de Nueva España de 1783. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo I. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-01/

Congreso de la República de Venezuela (1854, 20 de mayo). Código de minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo III. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-03/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1885, 23 de mayo). Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/files/rldv/12/12-09.%20C%c3%b3digo%20de%20Minas..pdf

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1891, 26 de junio). Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XV. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/files/rldv/15/15-11.%20C%c3%b3digo%20de%20Minas..pdf

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1909, 16 de agosto). Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XXXII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-32/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1910, 29 de junio). Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XXXIII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-33/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1915, 26 de junio). Ley de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XXXVIII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-38/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1918, 27 de junio). Ley de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XLI. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-41/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1920, 26 de junio). Ley de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XLIII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-43/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1920, 30 de junio). Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XLIII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-43/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1921, 16 de junio). Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XLIV. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-44/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1922, 2 de junio). Ley de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XLV. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-45/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1922, 9 de junio). Ley sobre Hidrocarburos y demás Minerales Combustibles. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XLV. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-45/

Congreso de los Estados Unidos de Venezuela (1945, 18 de enero). Ley de Minas. Gaceta Oficial de los Estados Unidos de Venezuela, Nº 121 Extraordinario. https://pandectasdigital.blogspot.com/1970/01/ley-de-minas.html

Constitución de 1821. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. https://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/colombia-16/html/0260ce5e-82b2-11df-acc7-002185ce6064_1.html

Fajardo C., C. L., Suárez A., D. C. (2012). Los impuestos en la época de la Independencia, su impacto social, evolución e implicaciones en el sistema tributario actual. Criterio Libre. 10(16), p.p. 293-316. https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/criteriolibre/article/download/1199/928

Fernández Uriel, P. (1995). Algunas precisiones sobre el sistema fiscal romano. Espacio, Tiempo y Forma, Serie II, Historia Antigua, (8), 159-181.

Gil Bautista, R. (2012). Almadén y sus Reales Minas de azogue en el siglo XVIII [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/24478

Gilmart, D. (2013, abril 5). Los impuestos en el Imperio romano. Histórico Digital - La web de la historia. https://historicodigital.com/los-impuestos-en-el-imperio-romano.html

Globalsyde (2022, mayo 27). Historia de la transición energética desde 1800. Globalsyde. https://globalsyde.com/blog/historia-transicion-energetica/

Gobierno de la Provincia de Guayana (1850, 28 de septiembre). Decreto sobre las minas en el Yuruario. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo I. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-01/

Guj, P. (2012). Mineral royalties and other mining- specific taxes. International Mining for Development Centre. https://im4dc.org/wp-content/uploads/2012/01/UWA_1698_Paper-01_-Mineral-royalties-other-mining-specific-taxes1.pdf

Guzmán Vintimilla, D. S. (2024). Las regalías mineras: problemática jurídica, normativa aplicable, solución de controversias y autoridad competente en el Ecuador [Trabajo Fin de Grado, Universidad del Azuay]. Repositorio institucional de la Universidad del Azuay. https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14136/1/19659.pdf

Hita Albarracín, A. (2015). Los impuestos en el Derecho Romano [Trabajo Fin de Grado, Universidad Internacional de La Rioja]. Repositorio Institucional UNIR. https://reunir.unir.net/handle/123456789/3453?show=full

Ley Fundamental de Colombia (1819). Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. https://www.cervantesvirtual.com/

obra-visor/ley-fundamental-de-colombia-1819--0/html/ff6c28b0-82b1-11df-acc7-002185ce6064_2.html

Masbernat, P. (2018). The Mining Tax Law in a Comparative Perspective. Studi Tributari Europei, 8(1), II –. https://doi.org/10.6092/issn.2036-3583/9155

Otto, J. M. (2018) The Taxation of Extractive Industries: Mining, in Tony Addison, and Alan Roe (eds), Extractive Industries: The Management of Resources as a Driver of Sustainable Development. https://doi.org/10.1093/oso/9780198817369.003.0014

Palmero L., F. G. (2005). Régimen fiscal especial de la actividad minera en Venezuela. Universidad Católica Andrés Bello. http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR0103.pdf

Presidencia de la República de Colombia (1829). Decreto sobre conservación y propiedad de las minas contra cualquier ataque y contra la facilidad de turbarla o perderla. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. https://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/decreto-sobre-conservacion-y-propiedad-de-las-minas-contra-cualquier-ataque-y-contra-la-facilidad-de-turbarla-o-perderla--0/html/ff6c3fc6-82b1-11df-acc7-002185ce6064_2.html

Presidencia de la República de Venezuela (1855, 4 de enero). Decreto que reglamenta las leyes del Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo III. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-03/

Presidencia de los Estados Unidos de Venezuela (1887, 3 de agosto). Decreto Reglamentario de la Ley de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XIII. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-13/

Presidencia de los Estados Unidos de Venezuela (1893, 29 de marzo). Decreto Ejecutivo Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XVI. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-16/

Presidencia de los Estados Unidos de Venezuela (1904, 18 de abril). Código de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XXVII-1. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-27a/

Presidencia de los Estados Unidos de Venezuela (1906, 23 de febrero). Decreto Reglamentario de la Ley de Minas. En Recopilación de leyes y decretos de Venezuela, Tomo XXIX. Caracas, Venezuela. https://www.cidep.online/normativa1821-1922/tomo-29/

Presidencia de la República de Venezuela (1999, 28 de septiembre). Decreto Nº 295 con Rango y Fuerza de Ley de Minas. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 5.382 Extraordinario.

Recopilación de leyes de los reynos de las Indias. (1841a). Recopilación de leyes de los reynos de las Indias (Tomo I) (5.ª ed.). (Obra original publicada en 1680). https://www.boe.es/biblioteca_juridica/publicacion.php?id=PUB-LH-1998-62

Recopilación de leyes de los reynos de las Indias. (1841b). Recopilación de leyes de los reynos de las Indias (Tomo II) (5.ª ed.). (Obra original publicada en 1680). https://www.boe.es/biblioteca_juridica/publicacion.php?id=PUB-LH-1998-62

Rickard, T. A. (1928). The Mining of the Romans in Spain. Journal of Roman Studies, 18(02), 129–143. doi: https://doi.org/10.2307/296070

Rodríguez Ennes, L. (2006). Minería romana, minería castellana, minería de la América colonial española: Historia de un tracto sucesivo. AFDUDC, 10, 993–1010. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/2412/AD-10-50.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romero Gómez, I. N. (2017). Régimen jurídico del derecho minero [Trabajo Fin de Grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. Repositorio institucional de la Universidad Miguel Hernández de Elche. https://dspace.umh.es/bitstream/11000/7097/1/TFG-IGNACIO%20N.%20ROMERO%20GOMEZ.pdf

Ruz S., C., Zúñiga O., A. V. (2021): El neolítico origen de las finanzas públicas, Revista contribuciones a la Economía. 19(1), pp. 6-15). https://www.eumed.net/es/revistas/contribuciones-economia/ce-enero21/neolitico-origen-finanzas

Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria (SENIAT) (2025). Valor de la Unidad Tributaria. https://declaraciones.seniat.gob.ve/portal/page/portal/MANEJADOR_CONTENIDO_SENIAT/05MENU_HORIZONTAL/5.1ASISTENCIA_CONTRIBUYENTE/tasa-1.html

Tadros, F., Svensson, K. (s.f.) Using Taxation to Enable a Fair and Thriving Mining Industry. Investment climate - IN PRACTICE - World Bank Open Knowledge Repository. https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/8461bece-a52d-58ba-b621-a7e27c8bb930/download

Vergara Blanco, A. (1987). Contribución a la historia del derecho minero, I: Los principios del derecho minero romano. Revista De Estudios Histórico-Jurídicos, (12). Recuperado a partir de https://www.rehj.cl/index.php/rehj/article/view/157

Vergara Blanco, A. (1989). Contribución a la historia del derecho minero, III: fuentes y principios del derecho minero indiano. Anales De La Universidad De Chile, (20), Pág. 621–656. https://doi.org/10.5354/0717-8883.1989.23538

GEOMINAS

Estratigrafía
Stratigraphy
Estratigrafia

Probable valle inciso, descrito a través de secciones geológicas, Campo gasífero Santa Rosa, estado Anzoátegui, Venezuela

Probable incised valley, described through geological sections, Santa Rosa gasfield, Anzoátegui state, Venezuela

Provável vale inciso, descrito por meio de seções geológicas, campo de gás de Santa Rosa, estado de Anzoátegui, Venezuela

Edgar Chacín Benedetto[1]

Recibido: 9-3-25; Aprobado: 21-4-25

[1] Geóº, Consultoría GPSI. Correo-e: ejchb1965@gmail.com

Resumen

Las areniscas de la Formación Las Piedras del Mioceno Tardío-Plioceno, yacen sobre las capas inclinadas de la Formación Oficina del Mioceno Temprano – Medio, formando una discordancia de tipo angular. En el campo Santa Rosa de la Subcuenca de Maturín en Venezuela, estas areniscas conforman el relleno de una cicatriz erosiva de +/- 9 km de ancho, alcanzando aproximadamente los 40 m de espesor. Como resultado de la elaboración de las secciones geológicas, tomando como plano de referencia varios cuerpos de lutitas, se interpreta la presencia de un relleno de valle inciso para las areniscas basales de la Formación Las Piedras.

Abstract

The sandstones of the Las Piedras Formation of the Late Miocene-Pliocene, lie on the inclined layers of the Oficina Formation of the Early - Middle Miocene, forming an angular unconformity. In the Santa Rosa gasfield of the Maturín Subbasin in Venezuela, these sandstones form the fill of an erosion scar +/- 9 km wide, reaching approximately 40 m thick. As a result of the preparation of the geological sections, taking several shale bodies as a reference plane, the presence of an incised valley fill for the basal sandstones of the Las Piedras Formation is interpreted.

Resumo

Os arenitos da Formação Las Piedras, do Mioceno Superior ao Plioceno, recobrem camadas inclinadas da Formação Oficina, do Mioceno Inferior ao Médio, formando uma discordância angular. No campo de Santa Rosa, na Sub-bacia de Maturín, na Venezuela, esses arenitos preenchem uma cicatriz de erosão com aproximadamente 9 km de largura e 40 m de espessura. As seções geológicas, utilizando diversos corpos de xisto como plano de referência, indicam a presença de um preenchimento de vale inciso nos arenitos basais da Formação Las Piedras.

Palabras clave/Keywords/Palabras-chave:

Angular unconformity, Areniscas, Arenitos, Discordância angular, Discordancia angular, Formação Las Piedras, Formación Las Piedras, Incised valley fill, Las Piedras Formation, Maturín Sub-basin, Preenchimento de vale inciso, Relleno de valle inciso, Sandstones, Sub-bacia de Maturín, Subcuenca de Maturín.

Introducción

En este trabajo se muestra el primer avance de la investigación que permitirá ejecutar un estudio más detallado con carácter regional, empleando secciones sísmicas, descripción de núcleos y estudios bioestratigráficos, así como también analizar los campos que se ubican del lado suroccidental para precisar si existen otros valles incisos y su relación genética.

A nivel regional, el área Mayor de Anaco se encuentra localizada en la Cuenca Oriental de Venezuela, de forma sectorial, en la parte central del estado Anzoátegui, (Figura 1), está compuesta por varios campos gasíferos, entre ellos: El Toco, Santa Ana, San Roque, San Joaquín, El Roble, Guario, Anaco y Santa Rosa, (Figura 1), los cuales son domos alineados con dirección preferencial N 50° E, y están caracterizados por presentar estructuras plegadas, presentan un desplazamiento de 4.000 pies sobre el lado levantado del Corrimiento de Anaco.

Estos levantamientos dómicos están separados por sillas estructurales bien diferenciadas que normalmente separan los cuerpos productores de los campos.

El área sobre la cual se realizaron las secciones geológicas cubre el campo Santa Rosa, el cual cuenta con una población de 354 pozos.

Siguiendo la dirección preferencial de N50°E del corrimiento de Anaco, se realizaron secciones estratigráficas y estructurales de dirección paralela NE-SO (A-A') y perpendicular NO-SE (B-B') (Figura 2), tomando como plano de referencia, el contacto entre las Formaciones Las Piedras y Oficina.

Contexto geológico y estratigrafía

La estructura del Área Mayor de Anaco está definida por (González de Juan a et al. y Di Croce, et al.).

La estratigrafía del Campo Santa Rosa penetrada y conocida hasta la fecha, comprende las formaciones del Cretácico hasta el Holoceno.

El Cretácico está representado por las formaciones San Antonio, San Juan y Querecual, es la roca madre por excelencia de los hidrocarburos de la Cuen-

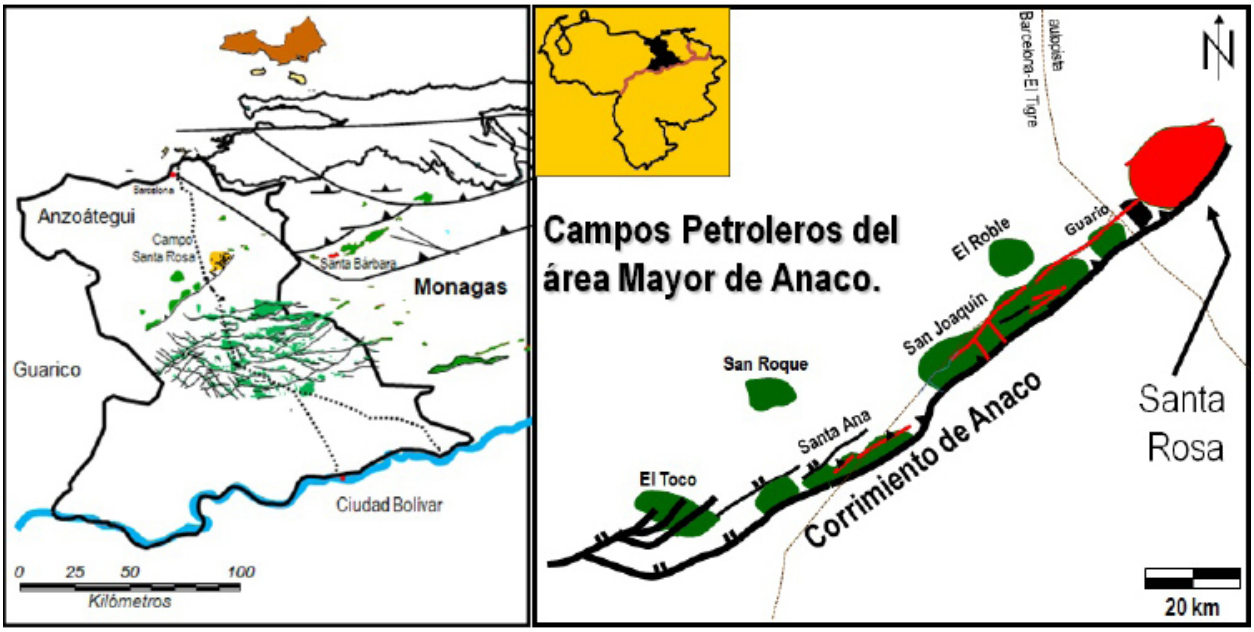


Figura 1. Ubicación del área estudiada. Diseño del autor para este trabajo.

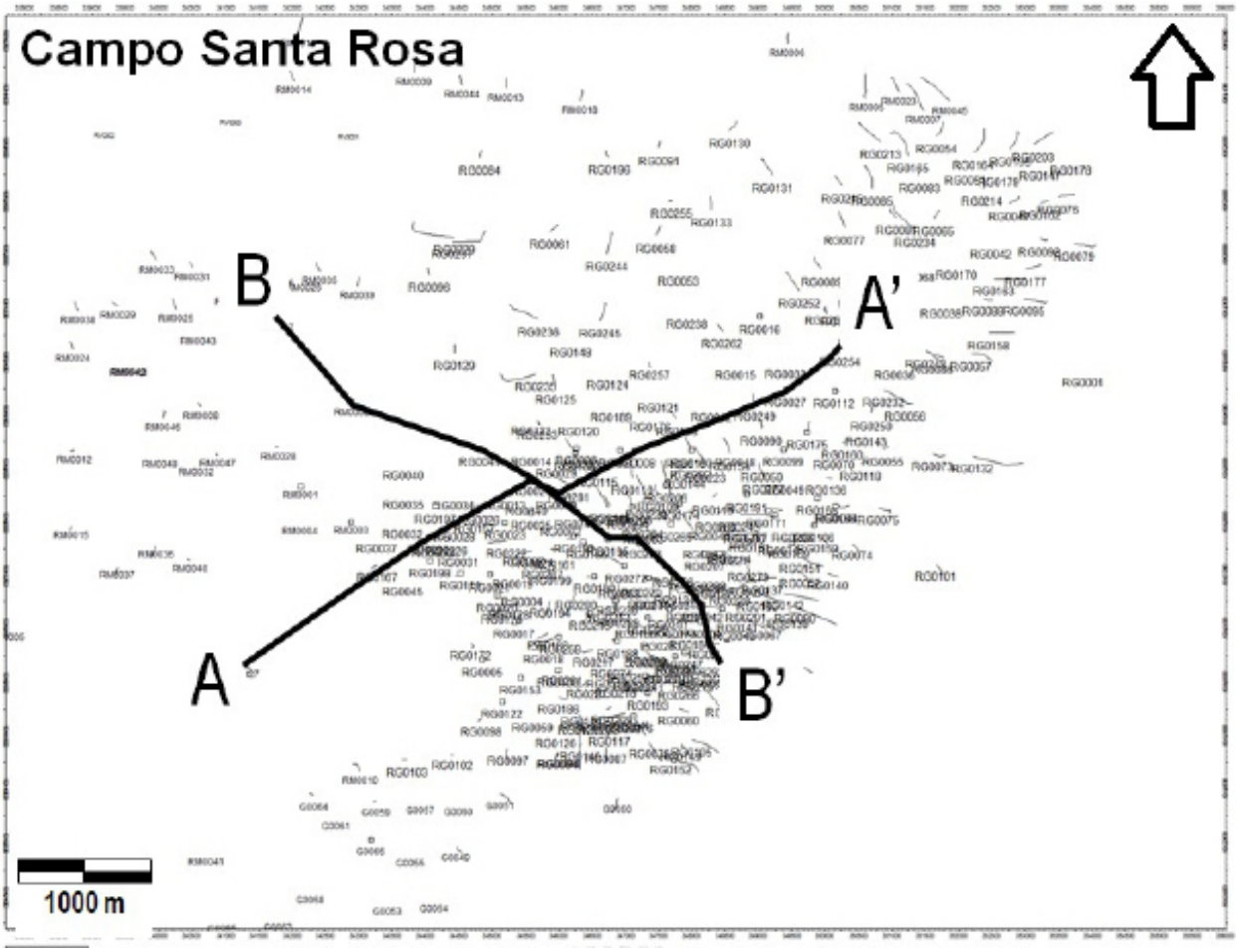


Figura 2. Secciones geológicas del campo Santa Rosa.

ca Oriental de Venezuela, (Campos et al., 1985).

El Cenozoico está integrado por las formaciones: Vidoño, Caratas, Merecure, Oficina, Las Piedras, Formación Mesa y, finalmente, los actuales aluviones, (Figura 3).

La Formación Freites, ampliamente conocida en la Cuenca Oriental, en el campo Santa Rosa está ausente. De allí que la Formación Las Piedras descansa de manera discordante sobre la Formación Oficina, donde está presente una arenisca basal (Figura 4).

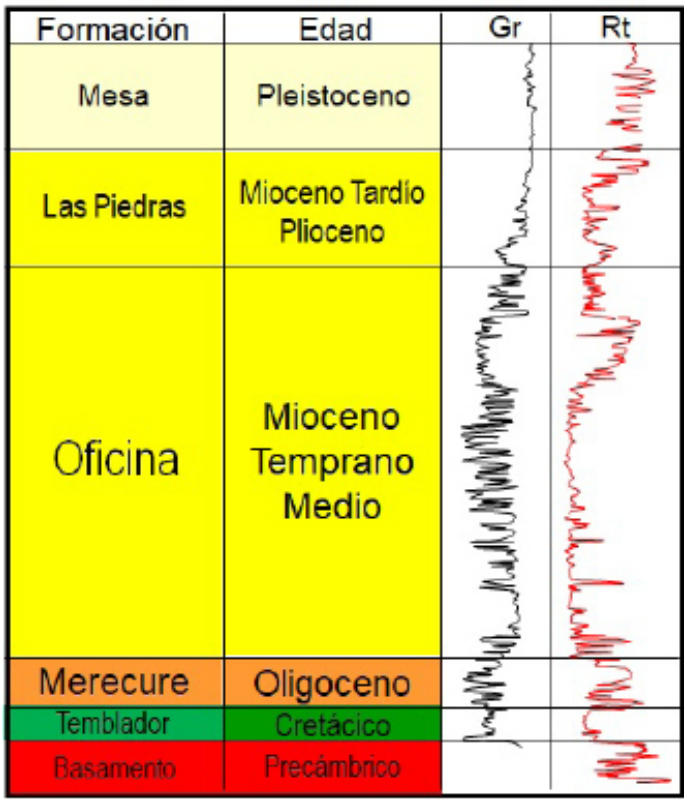


Figura 3. Estratigrafía tradicional del campo San Rosa. Diseño del autor para este trabajo.

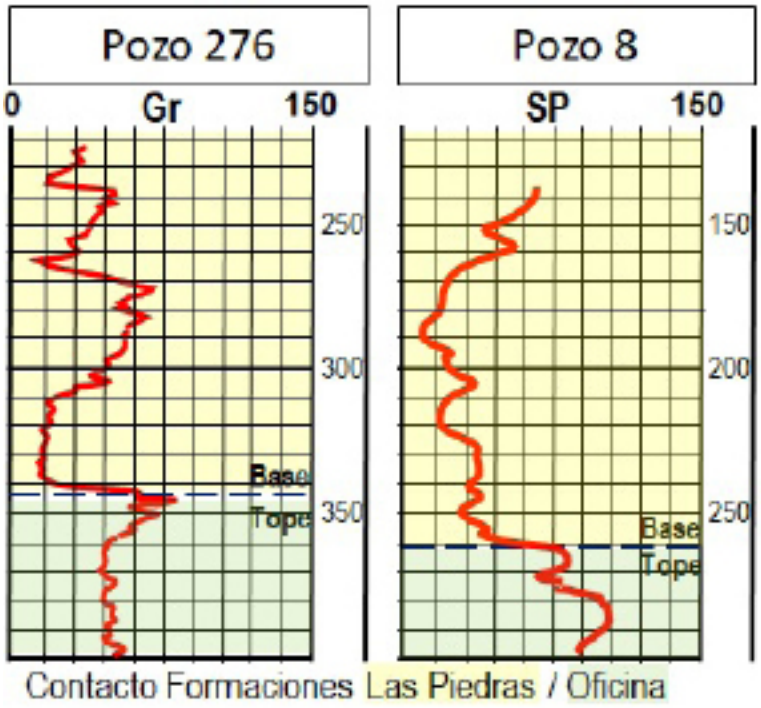


Figura 4. Registros GR y SP pozo 276 y 8, mostrando el contacto de las formaciones Las Piedras y Oficina.

De todas ellas, la formación más importante por su producción acumulada (NP) y reservas petrolíferas es la Formación Oficina, representando el 84 % de lo producido, siguiendo en orden descendente: Formación Merecure (15 %), Formación San Juan (0,9 %) y la Formación San Antonio (0,1 %).

Formación Oficina

Se presenta en el subsuelo de todo el flanco sur de la cuenca oriental de Venezuela, (Figura 1) en los estados Anzoátegui y Monagas; según González de Juana et al. (1980), es un productor por excelencia, depositado en ambientes donde se desarrollaron extensas zonas pantanosas en alternancia con incursiones marinas de baja profundidad y ambientes marinos salobres con canales de baja profundidad dirigidos principalmente de sur a norte.

La denominación de los diferentes cuerpos de la Formación Oficina, se establece mediante el empleo de la secuencia de colores, teniendo en orden estratigráfico los siguientes miembros informales: a) Colorado, b) Amarillo, c) Verde, d) Naranja, e) Moreno, f) Azul y g) Blanco.

a) Miembro Colorado: Es el miembro inferior de la Formación Oficina donde predominan arenas hacia el tope, en alternancia con algunos lignitos y se hace más lutítico hacia la base.

b) Miembro Amarillo: Posee características similares a las del Miembro Verde, pero disminuye la proporción de limolitas.

c) Miembro Verde: Predominan lutitas marrones a grises, homogéneas, de dureza media y tendencia laminar, limolitas arcillosas y algo de pirita.

d) Miembro Naranja: Arcillas poco consolidadas en el tope y que se hacen más compactas en la base, dando lugar a lutitas marrón claro y oscuro, laminares y algo calcáreas, existen también limolitas marrones y beige.

e) Miembro Moreno: Arcillas poco consolidadas, con abundantes niveles de lignitos a lo largo de todo el miembro, con transición a lutitas carbonáceas poco duras, algunos niveles de areniscas blancas transparentes y verdosas, bien seleccionadas, calcáreas y glauconíticas.

f) Miembro Azul: Compuesto casi exclusivamente por arcillas poco consolidadas, plásticas de tonos verdosos y marrones claros. Presenta algunas arenas con microfósiles hacia la base, y

g) Miembro Blanco: Conformado por arcillas poco consolidadas de color verdoso y marrón claro, presentando algunas arenas hacia la base, en González de Juana et al.(1980).

Formación Freites

Según Hedberg et al. (1947), describen lutitas físiles verdes a gris verdoso, con areniscas en el tope y la base. Las areniscas del tope son arcillosas de grano fino, de color blanco verdoso, algo glauconíticas y muy persistentes lateralmente, las basales de aproximadamente 100 m están intercaladas con lutitas.

Formación Las Piedras

Está formada por areniscas micáceas, friables, de grano fino y colores gris claro a gris verdoso, interlaminada con lutitas, lutitas ligníticas y lignitos (Hedberg (1950).

Marco teórico

Los valles incisos resultan de la erosión de los ríos que erosionan rápidamente, creando una depresión, en respuesta a una caída del nivel del mar. Cuando el nivel del mar asciende por el derretimiento de los hielos de los polos, los sedimentos rellenaran estos valles y formaran canales longitudinales (Kindinger, 1996).

Estos cuerpos de arena pueden ser a futuro potenciales rocas reservorios de hidrocarburos. Sus dimensiones son mayores a las de un canal aislado, en cuya base se produce un salto brusco de facies hacia la cuenca, según Zaitlin, et al.(1994). (Figura 5-A).

A continuación, se muestran algunos ejemplos de valles incisos estudiados en Venezuela:

a) Campo La Victoria, Subcuenca de Apure, (Figura 6),
b) Campos Carito y Santa

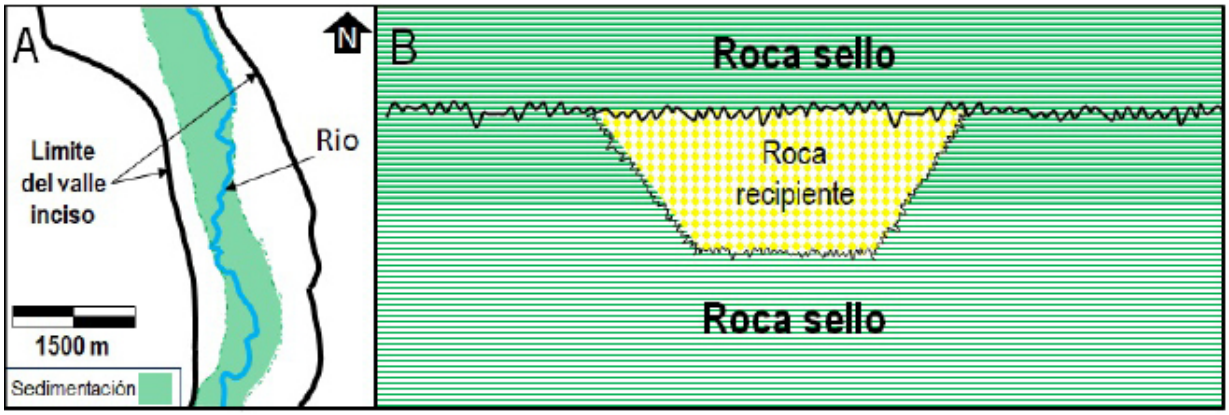


Figura 5-A. Vista aérea de valle inciso. 5-B. Vista de perfil de valle inciso.
Diseño del autor para este trabajo. Modificado de Biddle et al. (1994).

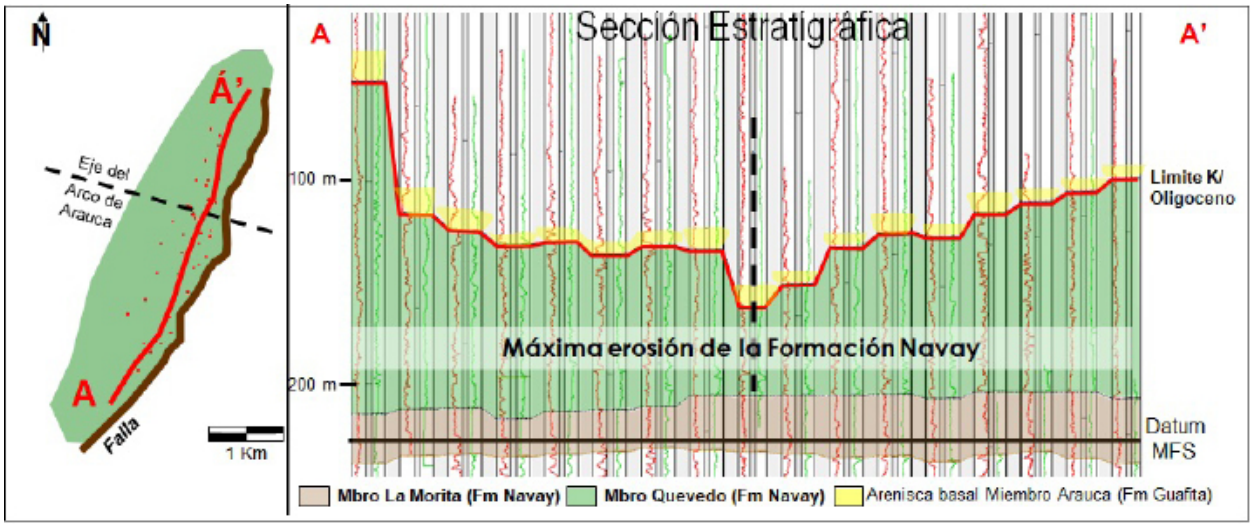


Figura 6. Sección estratigráfica A-A´ campo La Victoria, estado Apure (Chacín, 2013).

Bárbara, Cuenca Oriental, (Figuras 1 y 7), y
c) Campo Petrocedeño, Faja Petrolífera del Orinoco, (Figura 8).

Resultados

Para la realización de este trabajo se integró y correlacionó la información de perfiles de pozo como el Gamma Ray (GR) y la resistividad (Rt) de pozos del campo Santa Rosa, se elaboraron secciones estratigráficas y estructurales (A-A') y (B-B'), paralelas a la dirección preferencial del alineamiento de los campos, así como también perpendiculares a esta, tomando como plano de referencia la base de la Formación Las Piedras (Figura 2).

En la base de datos de núcleos capturados en la zona de estudio y campos adyacentes, en la Formación Las Piedras, no se cuenta con núcleos/testigos, ya que dicha unidad carece de interés petrolífero.

En la Figura 9, sección A-A' se puede observar que los pozos RG-24, RG-08, RG-09 y el R-27 ejemplarizan el concepto de relleno del valle inciso, ya que son los que poseen mayor espesor de arena basal.

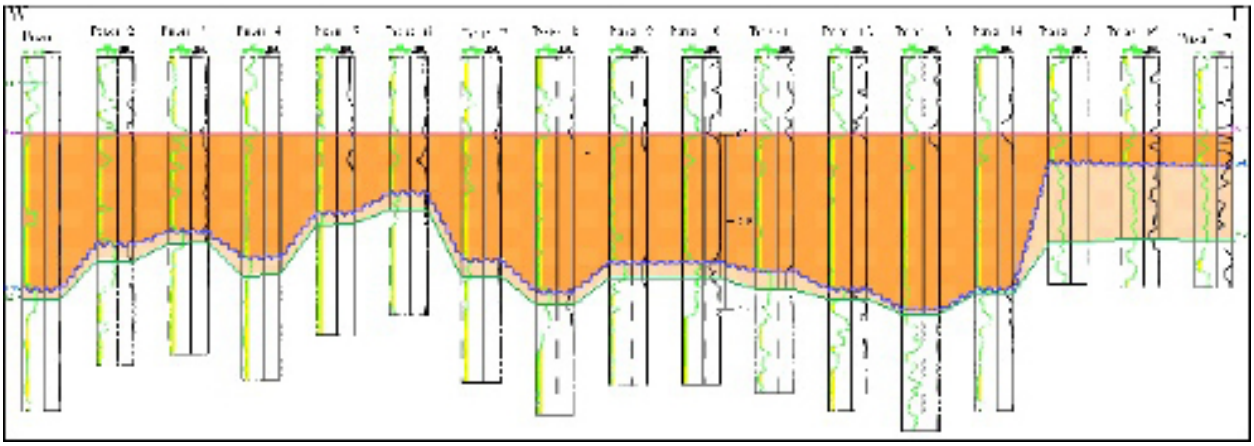


Figura 7. Sección estratigráfica regional de la parasecuencia T3-A en el campo Carito y Santa Bárbara, estado Monagas. Herrera et al. (2006).

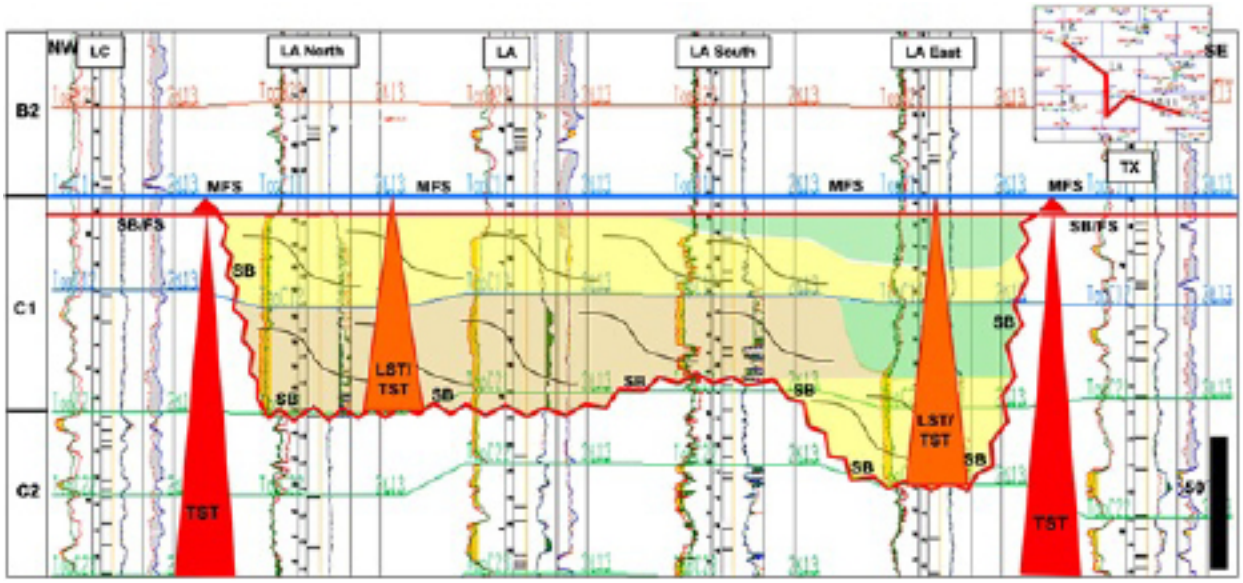


Figura 8. Interpretación de secuencia estratigrafía para los conglomerados LC/LA/AS11, que muestra la presencia de un valle inciso interpretado. Casas et al. (2021).

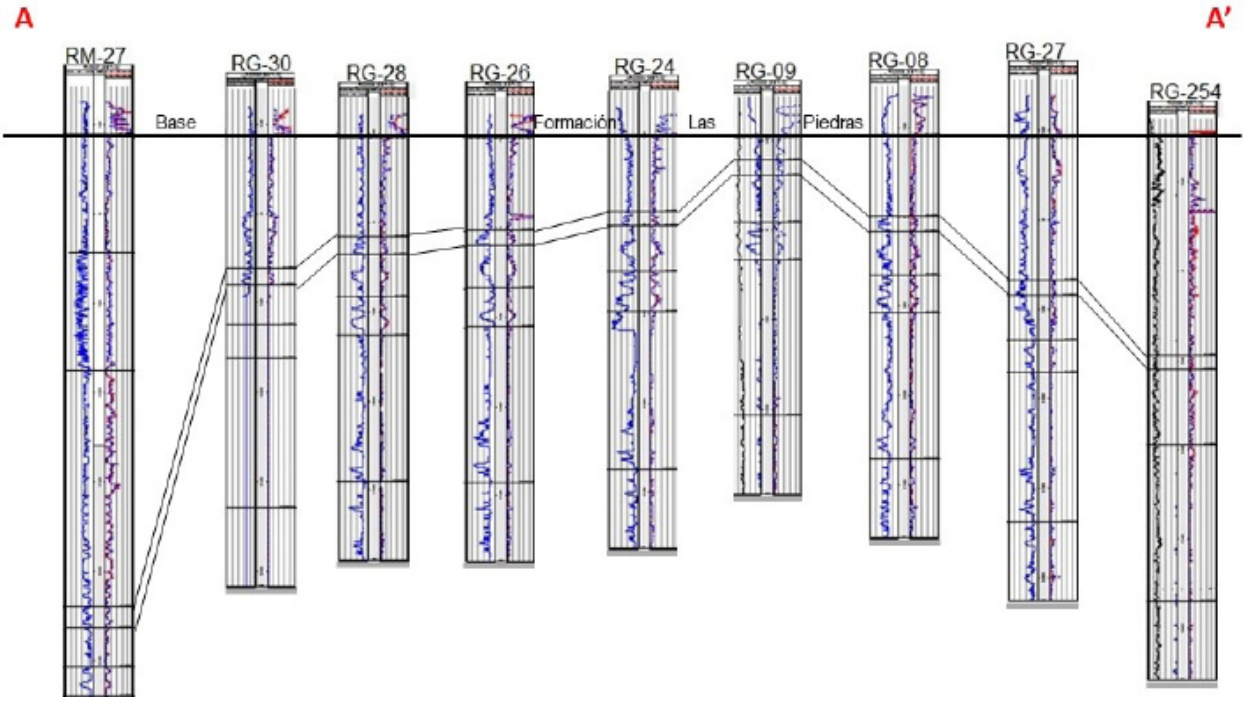


Figura 9. Sección estratigráfica A-A', datum la Base de la Formación Las Piedras, campo Santa Rosa. Diseño del autor para este trabajo.

En la figura 10 se puede visualizar en detalle la electrofacie fluvial, de forma cilíndrica, en los primeros 100 pies desde la base de la Formación Las Piedras del pozo RG-08, típica de los ríos de corrientes entrelazadas, y luego en los siguientes 100' superiores pasa a electrofacies en forma acampanada, clásica de las barras de meandro.

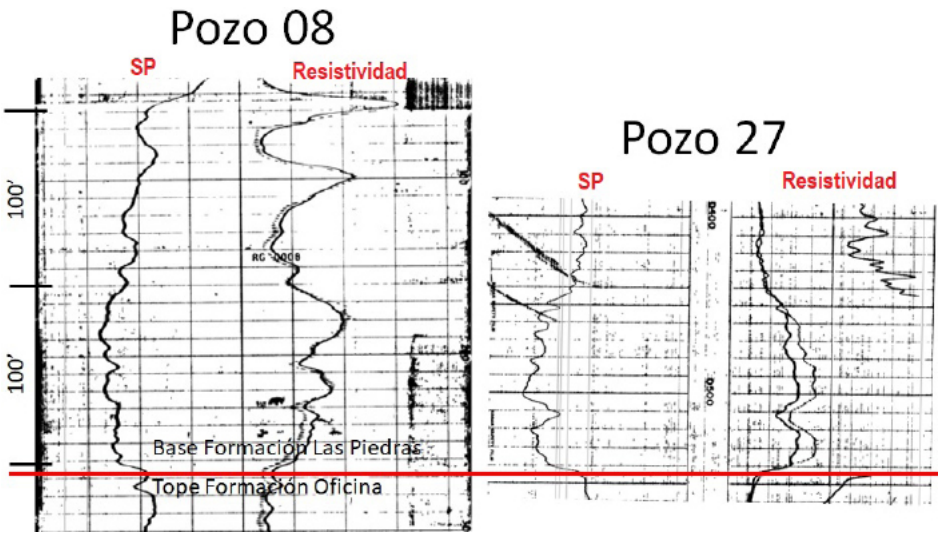


Figura 10. Registros SP y Resistividad del pozo 08, mostrando en los primeros 100', la electrofacies típica de ríos de corrientes entrelazadas para culminar en electrofacies en forma acampana, en el pozo 27 se muestra electrofacies típica de río de corrientes entrelazadas, finalmente pasa a la típica barra de meandro.

En el pozo RG-27, (Figura 10) inicia una sección de corrientes trenzadas de muy corto espesor y culmina con la típica barra de meandro o point bar. Ese es el clásico relleno fluvial de los valles incisos, comienzan con depósitos de corrientes entrelazadas y posteriormente pasan a ríos meandriformes para cerrar el ciclo fluvial hasta que comience a penetrar el mar (Figura 11).

En la figura 12, sección B-B', también se puede observar que el pozo RG-242 es el más claro ejemplo que ilustra el concepto de relleno del valle inciso, así como también los pozos RG-208 y RG-182, (Figura 14).

La siguiente imagen se infiere que las areniscas basales de la Formación

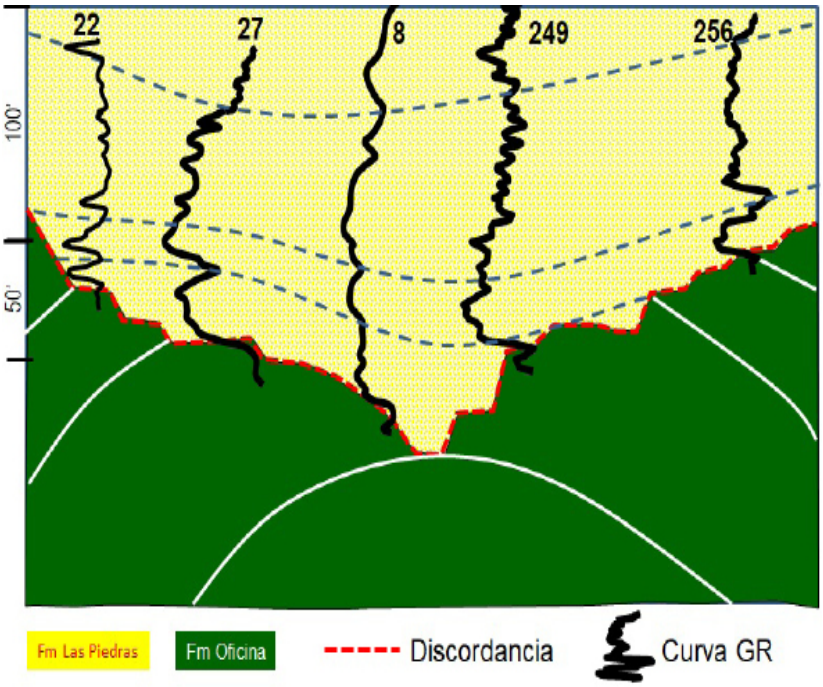


Figura 11. Perfil este-oeste, idealizando el relleno de valle inciso, usando cura de GR de los pozos 22, 27, 8, 249 y 256. Diseño del autor para este trabajo.

Las Piedras representan un relleno de valle inciso, como consecuencia de la abrupta caída del nivel del mar, figura 13, lo que generó una profunda erosión de los sedimentos de las formaciones Freites y Oficina, por los sistemas fluviales con dirección de sur a norte; este proceso es lo que genera sistema encadenado de bajo nivel.

Se ha interpretado este sistema de valle inciso, según la definición de Zaitling et al.,1994, como una erosión fluvial, de varios kilómetros de largo y baja topografía, y se caracteriza por un cambio abrupto de facies depositacionales.

Se pueden formar a partir de la brusca caída del nivel del mar relativo, lo que originará disconformidades, y por la tectónica regional que si produce discordancias angulares (Zaitling et al., 1994), las que se pueden observar en las secciones geológicas (A-A') y (B-B').

Las discordancias angulares poseen carácter eustático localmente acen-

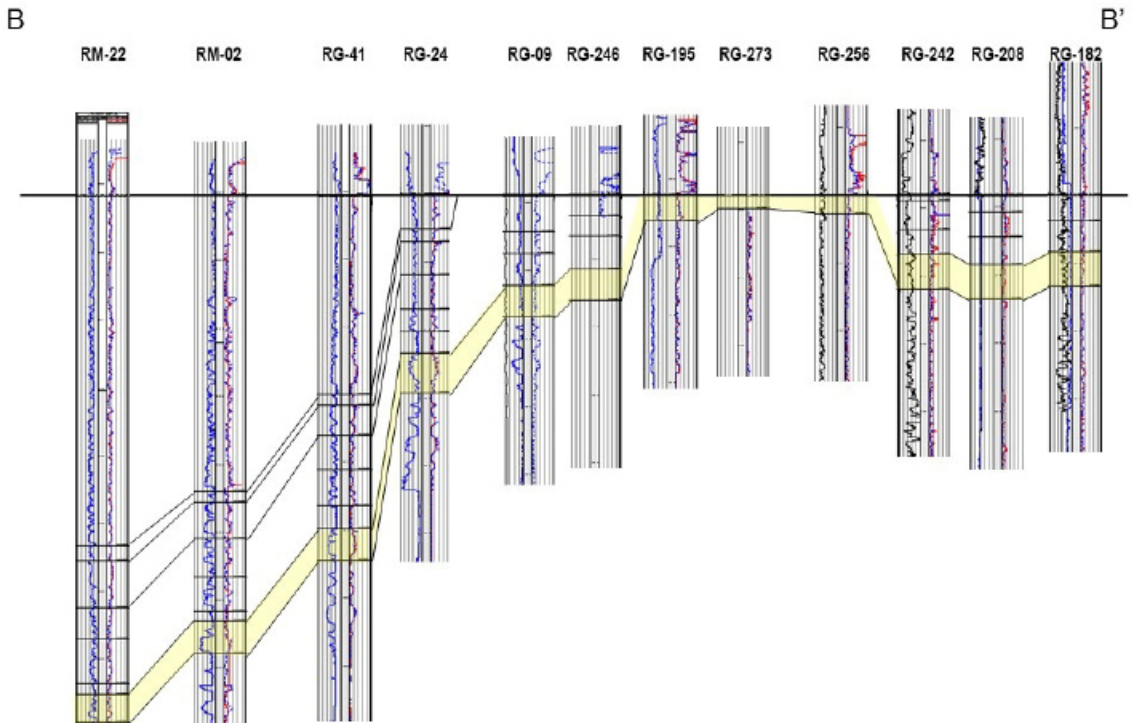


Figura 12. Sección estratigráfica B-B', datum estratigráfico, arenisca basal de la Formación Las Piedras, campo Santa Rosa.

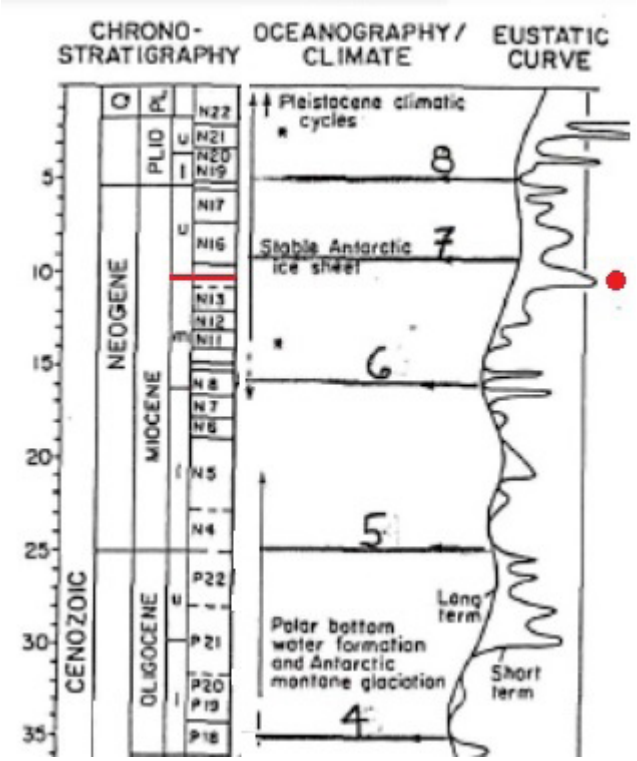


Figura 13. Curva eustática desde el Oligoceno al Plioceno, Haq et al. (1987).

tuado por la tectónica. En el siguiente ejemplo se puede apreciar, en la sección estratigráfica regional perteneciente a la Subcuenca de Barinas, trazada en sentido Norte-Sur (Figura 14).

Se interpreta que a medida que se atenúa la intensidad de la deformación, este tipo de discordancia pasa lateralmente a una discordancia eustática convencional como menciona Van Wagoner et al. (1988) y Di Croce et al. (2015).

Este sistema de valles incisos fue excavado durante un importante evento de descenso relativo del nivel del mar, y posteriormente el aumento del nivel del mar rellenara progresivamente dichos valles con sedimentos fluviales, identificados aquí como de la Formación Las Piedras, (Figura 15).

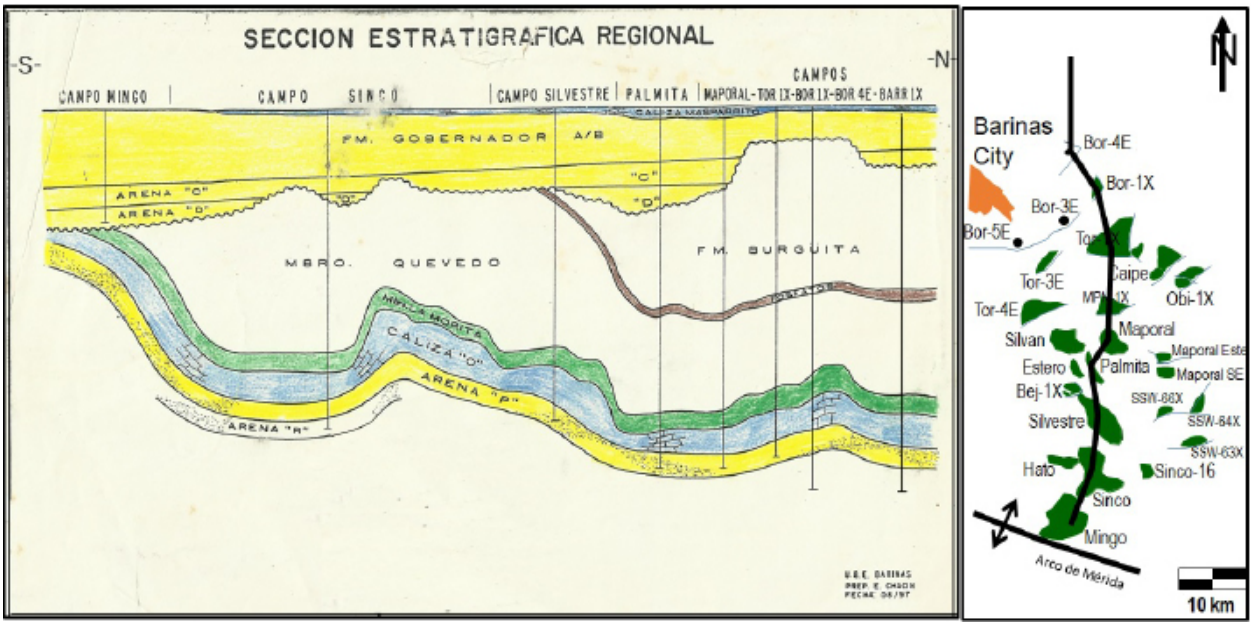


Figura 14. Discordancia angular, Formación Gobernador – Cretácico. Ilustración del autor para este trabajo.

Discusión de resultados

La principal evidencia de incisión en el contacto entre las formaciones Oficina y Las Piedras en el Campo Santa Rosa, se genera a partir de la correlación estratigráfica de los pozos. Las figuras 9 y 12 muestran dos secciones estratigráficas, la primera A-A'

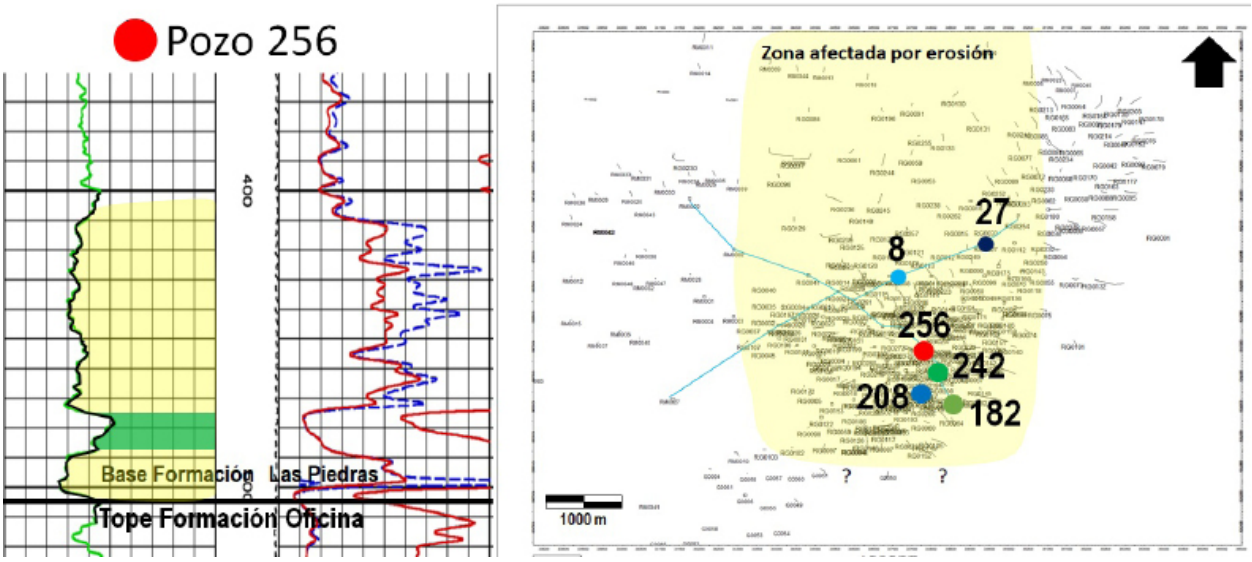


Figura 15. Zona erosionada de la Formación Oficina en el Pozo 256 mostrado en el mapa con un punto rojo.

de dirección NE-SO y la segunda B-B' de dirección NO-SE, es decir, una perpendicular a la otra, donde se puede notar que la base de las areniscas de la Formación Las Piedras cortan diferentes niveles estratigráficos de la Formación Oficina, interpretándose como una discordancia angular que se puede apreciar en la figura 11.

El mapa de la figura 15 muestra la orientación sur-norte del área erosionada y posteriormente su relleno, que coincide con la dirección preferencial de sedimentación proveniente del escudo de Guayana, que removió totalmente la Formación Freites y también algunos miembros de la Formación Oficina, como: Blanco y del Azul las unidades A, B, C y D, este máximo correspondería al fondo del valle inciso visto en la sección estratigráfica B-B', en el pozo 256 de la figura 14B, mientras que en la sección de la figura 16 se puede visualizar la forma del pliegue estructural que está truncado por la Formación Las Piedras.

Por ejemplo, en el pozo RG-09 se determinaron 140 pies TVD de espesor entre el tope del primer Miembro Azul "F" a la discordancia, mientras que el mismo tope, pero en el pozo RM-27, el espesor es de 2.634 pies TVD, esto quiere decir que al restar 2.634'-140' = faltarían 2.494' de la Formación Oficina, que al dividir entre su espesor, en el eje de la estructura dómica, fue erosionado un 26 %, donde fueron removidos los miembros Blanco y del Azul las unidades A, B, C y D.

Conclusiones

Se pudo verificar mediante secciones estratigráficas, con base en las formas de los perfiles de pozos, la existencia de un relleno de valle inciso en el tope de la Formación Oficina en el campo Santa Rosa.

Otras evidencias son los diferentes niveles estratigráficos que cortan la base de la formación Las Piedras.

Los resultados muestran que un 26 % en el eje actual de la estructura del domo correspondiente al Miembro Blanco y de las unidades A, B, C y D del Miembro Azul.

Este estudio preliminar será complementado en posteriores análisis, no solo considerando otros tipos de perfiles y registros sísmicos, sino también las relaciones estratigráficas, tectónicas, estruc-

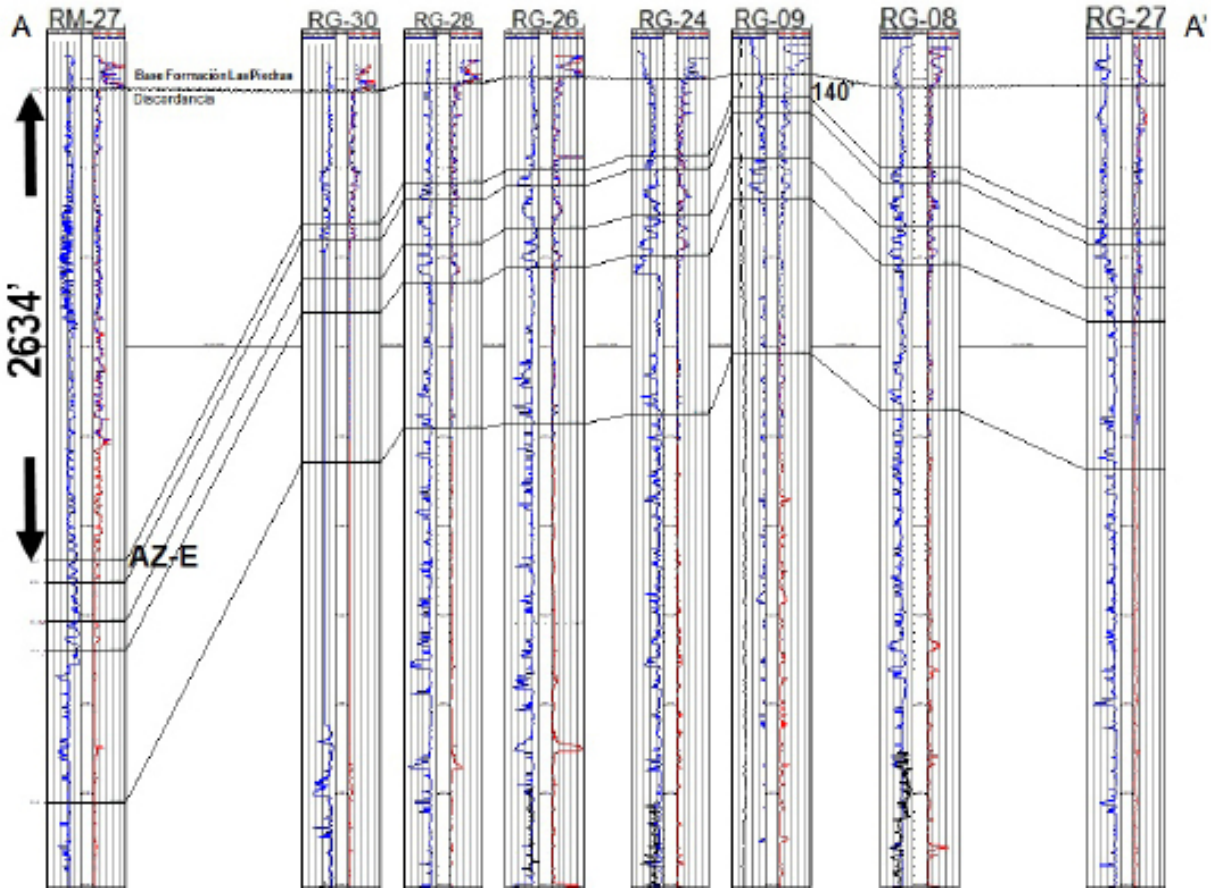


Figura 16. Sección A–A' mostrando los niveles erosionados de la Formación Oficina.

turales y con el sistema petrolífero del Área Mayor de Anaco.

Agradecimientos

El autor agradece a PhD Francia Galea y PhD Alfonso Quaglia por sus revisiones y recomendaciones.

Bibliografía

Biddle, K.T., Wielchowsky Ch. C (1994). Hydrocarbon traps: AAPG Memoir 60, Capítulo 13, pp. 221.

Campos, V., S. de Cabrera, R. Lander. (1985). Estratigrafía del noreste de Anzoátegui. En: Espejo, A., J. H. Rios y N. P. de Bellizzia, (Eds.) VI Cong. Geol. Ven., Caracas, Mem. 1: 156-200.

Casas, J., E. Gudiño, (2021). Integrated Sequence Stratigraphic Model for C1 Unit (Oficina Formation, Miocene), Petro-Cedeño Field (Junín), Orinoco Heavy Oil Belt, Venezuela. International Journal of Innovative Science and Research Technology. Volume 6, Issue 12, December – 2021

Chacín, E., (2013). Campo La Victoria: evidencias de un episodio de relleno de valle inciso durante el Oligoceno temprano (Cuenca Barinas-Apure, Venezuela). XIV Congreso Colombiano de Geología.

Corpoven, S. A., Gerencia de Exploración (1982). Geología petrolera, cuenca oriental de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Di Croce, J. Eastern Venezuela Basin: Sequence Stratigraphy and Structural Evolution. Unpublished PhD Dissertation, Rice University, 1996. 225 p.

González de Juana, C., Iturralde de Aroze-

na, J. M., Picard Cadillat, X. (1980). Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ed. Foninves, Tomo II, 1030 p.

James, K. H. (2000). The Venezuelan Hydrocarbon Habitat, Part I: Tectonics, Structure, Palaeogeography and Source rocks. Journal of Petroleum Geology. Vol. 23 (1): 5 – 53.

Kindinger, J.(1996). Evolution and history of incised valleys: The Mobile Bay model. USGS Unnumbered Series.

Léxico Estratigráfico de Venezuela – 3ª Edición. Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. No. 12: pp 1-838.

Haq, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R. (1987). Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235, 1156- 116

Herrera, R., Ruiz, F., Carrillo, M., Oropeza, H. (2006): Ejemplo de Valles Incisos en la Secuencia T3 del Terciario en los Campos Carito/Santa Bárbara, Norte de Monagas, Venezuela. XIV Simposio Bolivariano de cuencas Subandinas.

Zaitlin, B., Dalrymple, R., Boyd R. (1994): the stratigraphic organization of incised-valley systems associated with relative sea-level change. SEPM Special Publication No. 51.

Van Wagoner, J., H. Posamentier, R. Mtchum, P. Vail, J. Sarg, T. Loutit, J. Handerbol (1988). An Overview of the Fundamentals of Séquense Stratigraphy and Key Definitions, en Sea Level Changes: An Integrated Approach. Editado por Wilgus C., B. Hastings, C. Kendall, H. Posamentier, C. Ross y J. Van Wagoner. Publicación Especial, Society of Economics Paleontologist and Mineralogist, Tulsa, 42, 39-45.

GEOMINAS

Conciencia conservacionista

YouTube: https://youtu.be/wHjunkxCwJk?si=NyatE1JK0KIU64cf

Conciencia conservacionista

YouTube: https://youtu.be/As_CcRJ8UCE?si=sw84FMF5McW0Y3xc

YouTube: https://youtu.be/1jiaEo4Qtwc?si=4n6nywRXR4jOKolL

GEOMINAS

Estratigrafía
Stratigraphy
Estratigrafia

Estratigrafía del Miembro Medio de la Formación Uaimapué, en el tramo comprendido entre Santa Cruz de Mapaurí y Quebrada de Jaspe, Gran Sabana – estado Bolívar

Stratigraphy of the Middle Member of the Uaimapué Formation, in the section between Santa Cruz de Mapaurí and Quebrada de Jaspe, Gran Sabana – Bolívar state

Estratigrafia do Membro Médio da Formação Uaimapué, na seção entre Santa Cruz de Mapaurí e Quebrada de Jaspe, Gran Sabana – estado Bolívar

Anthony J. Lascano[1]

Recibido: 13-3-25; Aprobado: 2-9-25

[1] IngºGeóº Instituto Nacional de Geología y Minería. Correo-e: anthonyjoselascano@gmail.com

Resumen

La Provincia Geológica de Roraima ubicada en Venezuela, al sur del estado Bolívar, pertenece al escudo de Guayana. En el sector Gran Sabana, específicamente en las cercanías de la comunidad indígena Santa Cruz de Mapaurí se observa en la superficie variedades litológicas propias del Miembro Medio de la Formación Uaimapué. Esta investigación tuvo como objetivo general estudiar la estratigrafía a partir de las diferentes litologías y rasgos estructurales de las rocas que afloran en el tramo comprendido entre Santa Cruz de Mapaurí y la Quebrada de Jaspe. La metodología consistió en analizar las rocas desde vista macroscópica y microscópica, identificar las estructuras geológicas con el trabajo de campo, realizar mediciones de los espesores de los estratos y de las actitudes geológicas. El área de estudio está compuesta litológicamente por rocas sedimentarias como areniscas de grano fino en diferentes tonalidades de colores, lutitas arenosas con laminaciones paralelas y lutitas limosas; todas dispuestas en estratos subhorizontales con espesores variables desde los 1,20 a 7,3 metros. En algunos sectores como en la Quebrada de Jaspe la litología es de origen volcánico observándose rocas muy densas y rojizas que corresponden a tobas microcristalinas de textura microporfídica, donde su matriz está compuesta por más de un 98 % de vidrio volcánico; estas rocas a su vez se encuentran marcadas por un sistema de diaclasamiento ortogonal con direcciones de rumbo S31°O y S59°E.

Abstract

The Roraima Geological Province, located in Venezuela, south of Bolívar state, belongs to the Guayana Shield. In the Gran Sabana sector, specifically near the indigenous community of Santa Cruz de Mapaurí, lithological varieties characteristic of the Middle Member of the Uaimapué Formation are observed on the surface. The general objective of this investigation was to study the stratigraphy based on the different lithologies and structural features of the rocks that outcrop in the section between Santa Cruz de Mapaurí and Quebrada de Jaspe. The methodology consisted of analyzing the rocks from both macroscopic and microscopic perspectives, identifying geological structures through fieldwork, and measuring the thicknesses of strata and their geological attitudes. The study area is lithologically composed of sedimentary rocks such as fine-grained sandstones in different shades of color, sandy shales with parallel laminations, and silty shales, all arranged in subhorizontal strata with thicknesses varying from 1.20 to 7.3 meters. In some areas, such as Quebrada de Jaspe, the lithology is of volcanic origin, consisting of very dense, reddish rocks that correspond to microcrystalline tuffs with a microporphyritic texture. The matrix is composed of more than 98% volcanic glass. These rocks, in turn, are marked by an orthogonal jointing system with strike directions S31°W and S59°E.

Resumo

A Província Geológica de Roraima, localizada na Venezuela, ao sul do estado de Bolívar, pertence ao Escudo das Guianas. No setor Gran Sabana, especificamente próximo à comunidade indígena de Santa Cruz de Mapaurí, observam-se na superfície variedades litológicas características do Membro Médio da Formação Uaimapué. O objetivo geral desta investigação foi estudar a estratigrafia com base nas diferentes litologias e feições estruturais das rochas que afloram na seção entre Santa Cruz de Mapaurí e Quebrada de Jaspe. A metodologia consistiu em analisar as rochas sob uma perspectiva macroscópica e microscópica, identificar estruturas geológicas por meio de trabalho de campo e medir espessuras de estratos e atitudes geológicas. A área de estudo é litologicamente composta por rochas sedimentares, como arenitos de granulação fina em diferentes tonalidades de cor, folhelhos arenosos com laminações paralelas e folhelhos siltosos, todos dispostos em estratos subhorizontais com espessuras variando de 1,20 a 7,3 metros. Em algumas áreas, como a Quebrada de Jaspe, a litologia é de origem vulcânica, com rochas muito densas, avermelhadas, correspondendo a tufos microcristalinos com textura microporfirítica, cuja matriz é composta por mais de 98% de vidro vulcânico. Essas rochas, por sua vez, são marcadas por um sistema de juntas ortogonais com direções de direção S31°W e S59°E.

Palabras clave/Keywords/Palabras-chave:

Escudo das Guianas, Escudo de Guayana, Estratigrafia, Estratigrafía, Formação Uaimapué, Formación Uaimapué, Geologia da Venezuela, Geologia estrutural, Geología de Venezuela, Geología estructural, Geology of Venezuela, Guayana Shield, Petrografia sedimentar, Petrografía sedimentaria, Província de Roraima, Provincia de Roraima, Rochas vulcânicas, Rocas volcánicas, Roraima Province, Sedimentary petrography, Stratigraphy, Structural geology, Toba volcánica, Tufo vulcânico, Uaimapué Formation, Volcanic rocks, Volcanic tuff.

Introducción

La Gran Sabana se encuentra ubicada al sur de Venezuela, en el estado Bolívar, dentro de los límites del Parque Nacional Canaima, geomorfológicamente está constituido por paisaje piedemonte, montaña y altiplanicie. Geológicamente pertenece a la "Provincia de Roraima" que según Mendoza (2012) especifica que se extiende en Venezuela desde los límites del Parque Nacional Canaima, hacia el km 95 de la troncal 10, cerca de la Piedra de la Virgen, hasta Santa Elena de Uairén y el tepuy Roraima, en dirección NS y desde el río Venamo hasta las proximidades del río Paragua, en dirección EO.

La Provincia Geológica de Roraima fue dividida por Reid (1974) en cuatro formaciones, de la más antigua a la más joven, son: Uairén, Kukenán, Uaimapué y Matauí.

Esta investigación se centra en el estudio estratigráfico y geológico del Miembro Medio de la Formación Uaimapué, definida por Yánez (1977) como una formación cuyo miembro está compuesto litológicamente por lutitas multicolores, areniscas feldespáticas, lentes de areniscas con estratificación cruzada, jaspes y areniscas de origen volcánico.

Esta investigación mostrará resultados de estudios realizados al Miembro Medio de la Formación Uaimapué, a partir de mediciones de actitudes, espesores y otras observaciones directas realizadas in situ; también se hicieron descripciones macroscópicas de rocas y análisis desde el punto de vista petrográfico, con el fin de elaborar columnas estratigráficas que muestren la variedad litológica aflorante en la región.

Metodología

Esta investigación fue realizada en cuatro (4) etapas, las cuales se describen a continuación:

1. Etapa de oficina y recopilación de datos: en esta etapa se recopila la información geográfica y geológica del área de estudio mediante la observación de mapas geológicos, cartográficos y trabajos de investigación de la zona realizados por Yánez (1977).

   Se delimita el área a estudiar; iniciando en las proximidades de la comunidad Iindígena Santa Cruz de Mapaurí, específicamente en el km 270 y culmina en Quebrada de Jaspe, en dirección NO – SE a través de la troncal 10, dentro de los límites de la Gran Sabana (sur del estado Bolívar, Parque Nacional Canaima).

   En esta etapa también se planifican actividades de campo y se ubican las estaciones de estudio (Figura 1).

2. Etapa de trabajo de campo: se realiza la exploración geológica de superficie con el fin de estudiar de la estratigrafía y geología de la zona. En campo se realizan actividades como:

   - Georreferenciación de las estaciones de estudio con GPS.
   - Levantamiento geológico a cortes de carreteras, mediciones de anchura y altura.
   - Identificación de las variaciones litológicas, estructuras geológicas y estructuras sedimentarias.
   - Mediciones de rumbo y buzamiento de las litologías y estructuras geológicas observadas, con apoyo de la brújula.
   - Recolección de muestras de rocas.

3. Etapa de laboratorio: en esta etapa se analizan las rocas tomadas en la fase

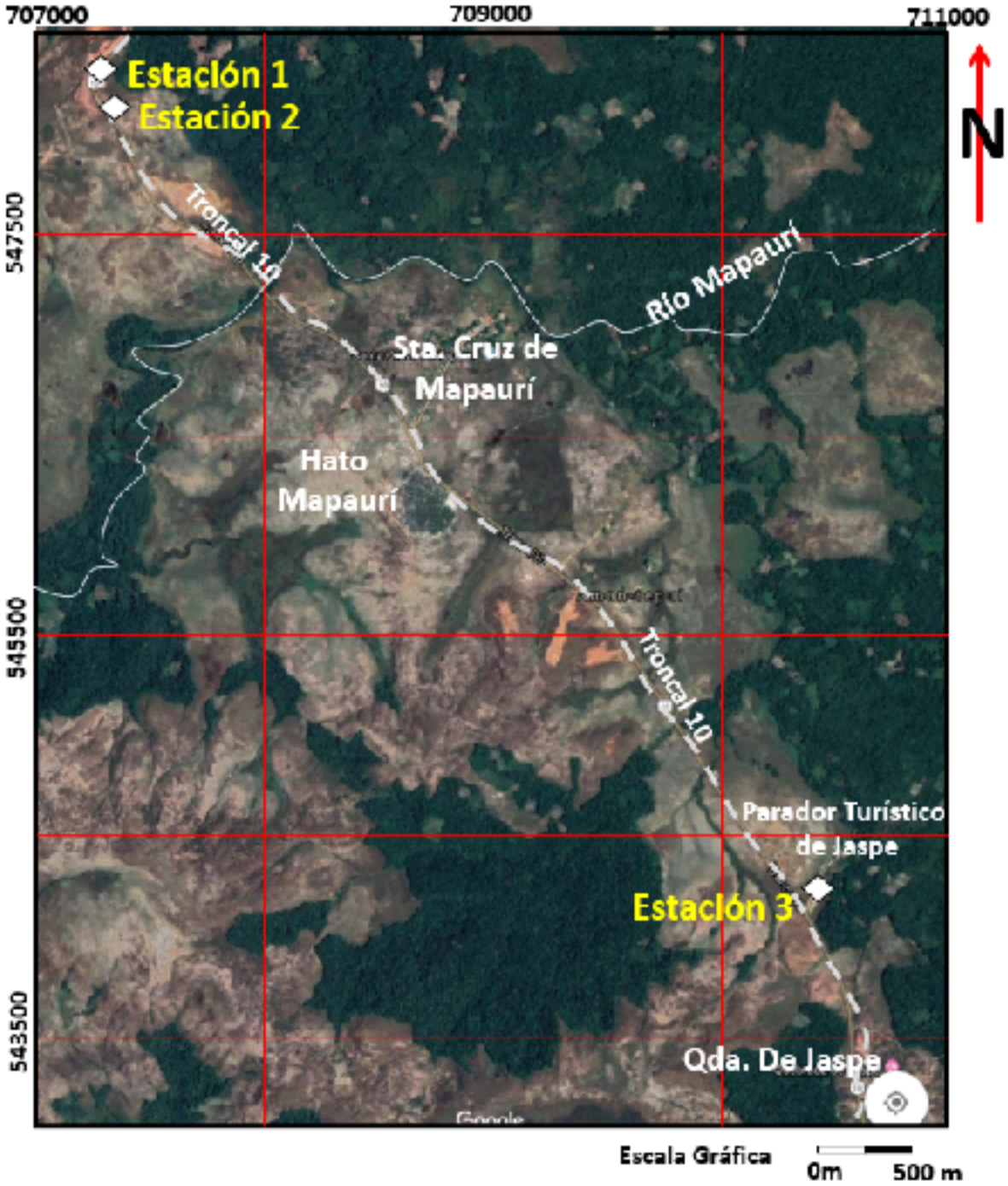


Figura 1. Ubicación geográfica del área y estaciones de estudio. Tomado de Google Earth (2020).

de campo, se recolecta un total de diez (10) muestras de roca. Se realiza en laboratorio análisis macroscópico a las rocas, con la finalidad de describir sus características físicas (textura, color y tamaño de grano) y se preparan secciones delgadas con el fin de observarlas a través del microscópico de luz transmitida e identificar su composición mineralógica.

4. Etapa de interpretación de resultados: con la toma de datos realizada en campo (etapa II) y los resultados procedentes de los análisis de laboratorio (etapa III), se elaboran columnas estratigráficas y se interpretan los rasgos geológicos de la zona.

Resultados

Estratigrafía

El estudio estratigráfico realizado en las proximidades de la comunidad indígena "Santa Cruz de Mapaurí", perteneciente al Miembro Medio de la Formación Uaimapué (Provincia Geológica de Roraima), permitió identificar la variabilidad litológica aflorante en la zona a partir de la realización de columnas estratigráficas (Figuras 2 y 3).

La región está compuesta litológicamente por rocas sedimentarias mayormente de grano medio a fino, dispuestas en estratos subhorizontales, con espesores variables desde 1,20 a 7,3 metros.

Se observaron lutitas arenosas color rojo claro con intercalaciones de brechas sedimentarias de 15 cm de espesor, areniscas de grano fino en diferentes tonalidades de color (rosado oscuro, rojo claro, marrón claro y anaranjado amarillento) y lutitas limosas color rojo medio y rosado rojizo.

Las marcas de estructuras sedimentarias como las "laminaciones paralelas" eran notorias en las rocas (Figura 4), también se observaron en algunas rocas areniscas pequeños plegamientos sinsedimentarios contemporáneos con el momento de la sedimentación, es decir, no están asociados a tectonismo de la zona, sino que se formaron en el momento en que se depositaron los sedimentos.

La dirección de buzamiento del eje axial de estos pequeños pliegues indica que el deslizamiento que tuvieron los sedimentos durante la depositación de estas rocas fue en dirección noreste (NE).

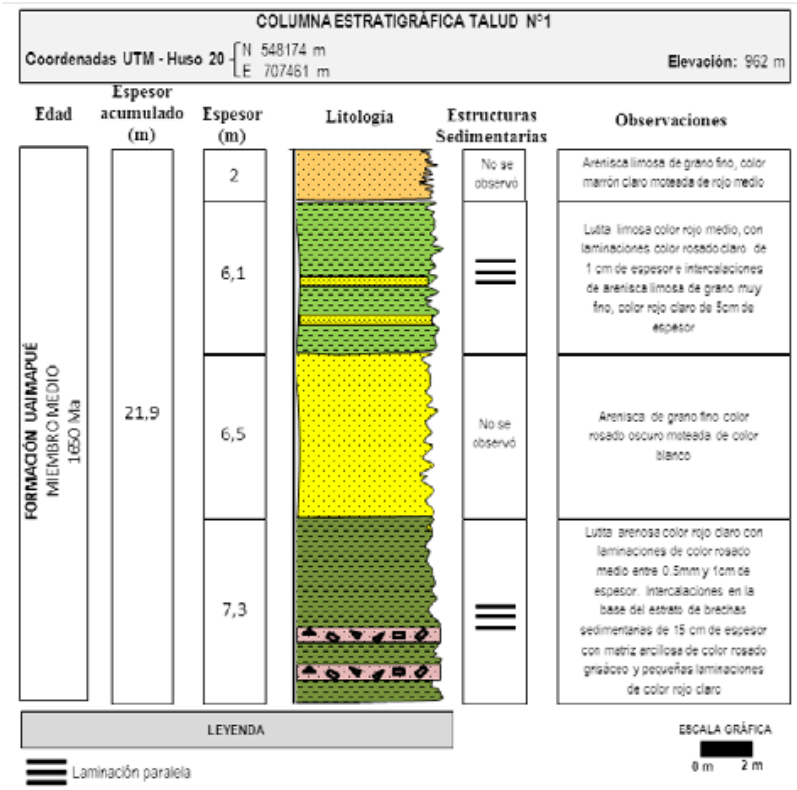


Figura 2. Columna estratigráfica, talud N°1.

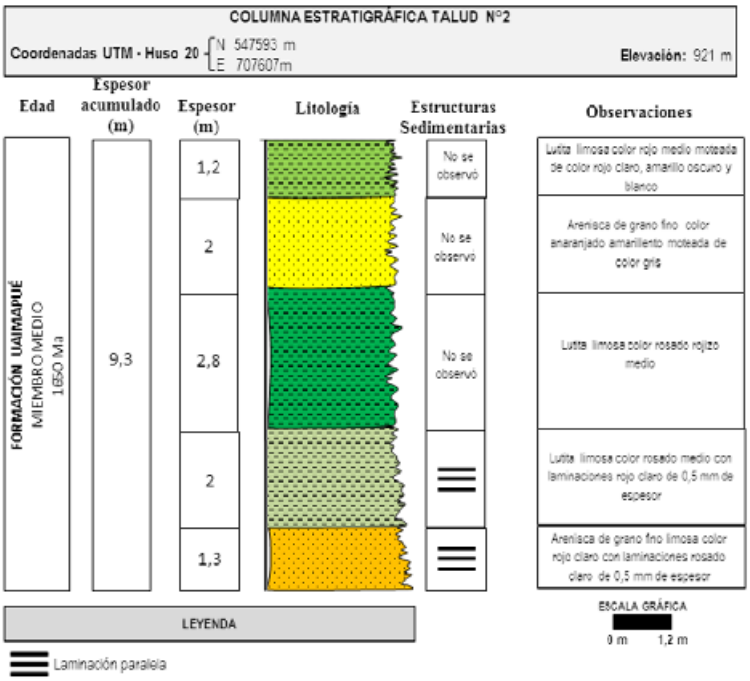


Figura 3. Columna estratigráfica, talud N°2.

Figura 4. Laminaciones paralelas observadas en lutitas arenosas, Miembro Medio Formación Uaimapué.

Tras la realización de análisis morfoscópico a las rocas areniscas de este Miembro se observó que son mayormente de forma sub-redondeada con tendencia a sub-angulosas, lo cual indica que las partículas sedimentarias que integran las rocas tuvieron moderado transporte.

Los estratos rocosos ubicados en las bases de ambos taludes se encontraban diaclasados; se observaron dos sistemas de diaclasas verticales en dirección SE-NO y otras de dirección SO-NE, todas perpendiculares a la superficie de estratificación y espaciadas entre sí; 1,2 metros de espaciamiento para el primer sistema de diaclasas y 10 centímetros para el segundo.

En la zona fue notoria la presencia de grandes bancos de arenas muy fina color blanco grisáceo dispuestos en la superficie dando un aspecto de playón fluvial (Figura 5).

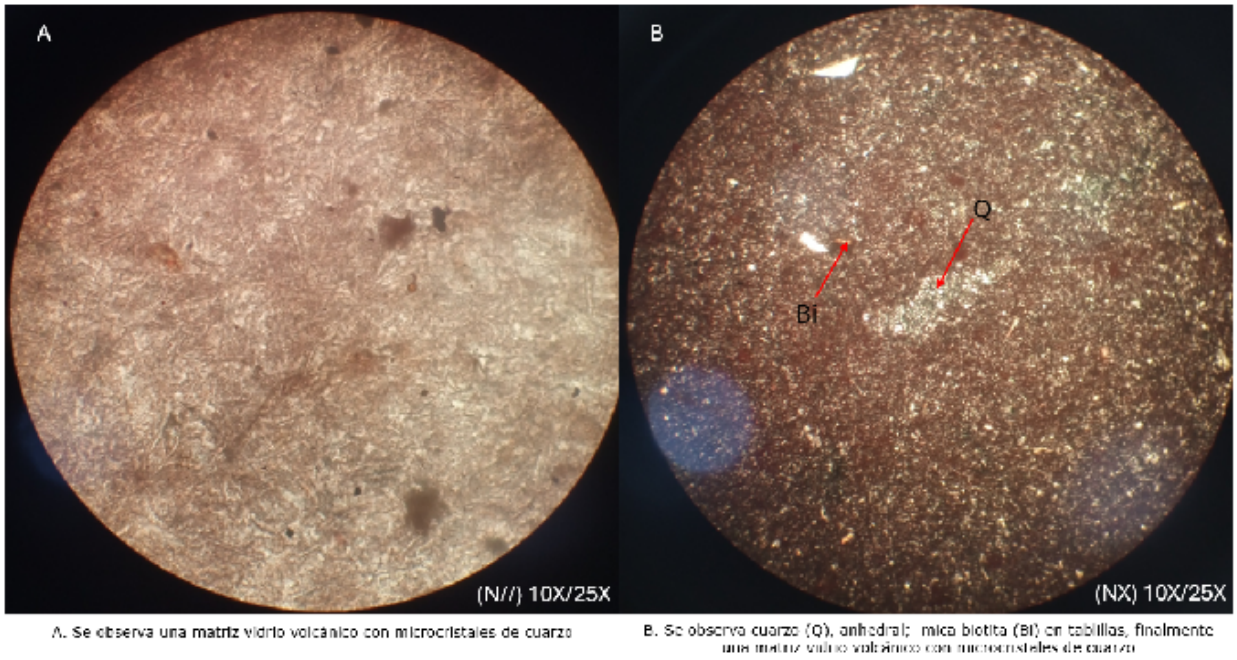
Quebrada de Jaspe

En este sector las rocas sedimentarias observadas en las proximidades de la comunidad indígena Santa Cruz de Mapaurí se encontraban de manera supradayecente y discordante a las rocas rojas y diaclasadas de “Quebrada de Jaspe”.

El análisis petrográfico realizado a la roca de la quebrada permitió identificarla como una “toba microcristalina” en donde se observó una textura microporfídica (Figura 6), embebidos en una matriz holocristalina microlítica, donde se incluyen fragmentos rotos y enteros de minerales, de composición 98% matriz de vidrio volcánico y 2 % de minerales accesorios como cuarzo monocristalino, recristalizado, anhedral y micas alargadas de tamaños muy finos.

También se observaron huellas de mineral primario probablemente plagioclasa o anfíbol, los cuales han sido reemplaza-

Figura 5. Bancos de arena blanca muy fina, Miembro Medio Formación Uaimapué.



A. Se observa una matriz vidrio volcánico con microcristales de cuarzo

B. Se observa cuarzo (Q), anhedral; mica biotita (Bi) en tabillas, finalmente una matriz vidrio volcánico con microcristales de cuarzo

Figura 6. Vista microscópica de toba microcristalina tomada en Quebrada de Jaspe.

dos totalmente en minerales secundarios producto de la desvitrificación del vidrio volcánico.

Por otra parte, los sistemas de diaclasas observados en el piso de la quebrada eran mayormente ortogonales y paralelas con direcciones de rumbo S31°O y S59°E.

Conclusiones

- La estratificación laminar y los pequeños pliegues de deslizamiento de sedimentos observados en las rocas indican que el medio que transportó los sedimentos fue el agua y que el mismo era de baja energía debido a que los sedimentos

que corresponden son de tamaño arena fina y limosos, dando indicios de que la formación representa depósitos de origen fluvial y deltaico en pequeñas dimensiones.

- Algunas áreas del Miembro Medio de la Formación Uaimapué tuvo influencia volcánica al quedar registro de solidificación de rocas como tobas microcristalinas.

- La disposición geométrica de los estratos rocosos y el bajo buzamiento observado en las rocas sedimentarias del Miembro Medio de la Formación Uaimapué indican bajo nivel de tectonismo en la región.

Referencias

Google (2020) GOOGLE EARTH PRO. Windows 7, Google LLC. California, Estados Unidos.

Mendoza S., V. (2012). Geología de Venezuela, Tomo I, Evolución geológica, recursos minerales del escudo de Guayana y revisión del Precámbrico mundial. Bogotá – Colombia, abril 2012, pp. 322.

Reid, A. R. (1974). Stratigraphy of the type area of the Roraima Group, Venezuela. En Conferencia Geológica Interguayanas. Espec. N°6, pp. 343-354.

Yánez, G. (1977). Mapa de geología estructural y geomorfología de la parte sur-oriental de Venezuela. Caracas – Venezuela, septiembre 1977.

GEOMINAS

Conciencia conservacionista

El proyecto de la asociación de ex mineros con conciencia ambiental

Disponible en https://youtu.be/anW5pgyVIAI?si=sC2JVXexmSGZYXti

GEOMINAS

Geología del Petróleo
Petroleum geology
Geologia do petróleo

Campos de petróleo y gas descubiertos en Venezuela a partir de 1883

Oil and gas fields discovered in Venezuela since 1883

Campos de petróleo e gás descobertos na Venezuela desde 1883

Edgar Chacín Benedetto[1]

Recibido: 8-9-25; Aprobado: 11-11-25

[1] Geóº, Consultoría GPSI. Correo-e: ejchb1965@gmail.com

Resumen

Este trabajo documenta la evolución histórica y el impacto de los métodos de exploración de hidrocarburos en Venezuela, desde el descubrimiento del primer pozo comercial en 1883 (Eureka) hasta el presente. Inicialmente impulsada por la identificación de filtraciones naturales superficiales (menes/rezumaderos) en estados como Táchira, Sucre y Zulia, la exploración progresó rápidamente de la geología de superficie y la teoría anticlinal a la aplicación de métodos geofísicos avanzados (gravimetría, sismografía y sísmica 2D/3D), culminando con la perforación de pozos exploratorios como método definitivo. El análisis estadístico de 352 campos descubiertos en 11 estados destaca un periodo de intensa actividad entre las décadas de 1920 y 1950, donde la profundidad promedio de los pozos exploratorios se incrementó en un 130 % (de 1.100 m a 2.859 m), resultando en un aumento del 540 % en el número de nuevos campos hallados. Geográficamente, la cuenca oriental alberga el 65 % de la población de campos de petróleo y gas del país, mientras que la cuenca del lago de Maracaibo concentra el 60 % del volumen de petróleo acumulado. El esfuerzo exploratorio subraya la relevancia de los reservorios mesozoicos, siendo las formaciones cretácicas, Querecual y La Luna, las principales rocas generadoras que sustentan la industria petrolera nacional.

Abstract

This work documents the historical evolution and impact of hydrocarbon exploration methods in Venezuela, from the discovery of the first commercial well in 1883 (Eureka) to the present. Initially driven by the identification of natural surface seepages (oil seeps/rezumaderos) in states like Táchira, Sucre, and Zulia, exploration rapidly progressed from surface geology and the anticlinal theory to the application of advanced geophysical methods (gravimetry, seismography, and 2D/3D seismic), culminating in the drilling of exploratory wells as the definitive method. The statistical analysis of 352 discovered fields across 11 states highlights a period of intense activity between the 1920s and 1950s, during which the average depth of exploratory wells increased by 130% (from 1,100 m to 2,859 m), resulting in a 540% increase in the number of new fields discovered. Geographically, the Eastern Venezuela Basin (Cuenca Oriental) hosts 65% of the country's oil and gas field population, while the Maracaibo Lake Basin concentrates 60% of the accumulated oil volume. The exploratory effort highlights the significance of Mesozoic reservoirs, with the Cretaceous formations of Querecual and La Luna serving as the primary source rocks that support the national oil industry.

Resumo

Este trabalho documenta a evolução histórica e o impacto dos métodos de exploração de hidrocarbonetos na Venezuela, desde a descoberta do primeiro poço comercial em 1883 (Eureka) até o presente. Inicialmente impulsionada pela identificação de afloramentos naturais de superfície (exsudações de petróleo/rezumaderos) em estados como Táchira, Sucre e Zulia, a prospecção progrediu rapidamente da geologia de superfície e da teoria anticlinal para a aplicação de métodos geofísicos avançados (gravimetría, sismografía y sísmica 2D/3D), culminando com a perfuração de poços exploratórios como método definitivo. A análise estatística de 352 campos descobertos em 11 estados destaca um período de intensa atividade entre as décadas de 1920 e 1950, em que a profundidade média dos poços exploratórios aumentou em 130% (de 1.100 m para 2.859 m), resultando em um aumento de 540% no número de novos campos encontrados. Geograficamente, a Bacia Oriental da Venezuela (Cuenca Oriental) abriga 65% da população de campos de petróleo e gás do país, enquanto a Bacia do Lago de Maracaibo concentra 60% do volume de petróleo acumulado. O esforço exploratório ressalta a relevância dos reservatórios mesozoicos, sendo as formações cretáceas Querecual e La Luna as principais rochas geradoras que sustentam a indústria petrolífera nacional.

Palabras clave/Keywords/Palabras-chave:
Bacia oriental da Venezuela, Cuenca oriental, Eastern Venezuela basin, Exploração de petróleo, Exploratory wells, Exploración petrolera, Geofísica, Geophysics, Mesozoic reservoirs, Petroleum exploration, Poços exploratórios, Reservatórios mesozoicos.

Introducción

Los menes, chapopote, rezumaderos, copey, jugos de la tierra (oil seeps), entre otros, figura 1, son filtraciones naturales de petróleo o gas que se encuentran en el suelo, como una mancha negra, siendo muy llamativas, provienen de reservorios que se encuentran a distintas profundidades.

Se forman cuando las gotas de petróleo al abandonar la roca generadora (migración primaria), y hacer contacto con una roca poroso-permeable buscando otro alojamiento con mejores propiedades petrofísicas, y que contenga, en la parte suprayacente, una capa impermeable imperfecta, o que en ese recorrido intercepte fracturas de gran longitud y/o fallas geológicas que lleguen hasta la superficie.

Históricamente, los menes permitieron ser el objeto para ubicar localizaciones exploratorias en la búsqueda de petróleo crudo, tal es el caso del fundo cafetalero La Alquitrana, en el estado Táchira, donde, por motivo del terremoto de Cúcuta ocurrido el 18 de mayo de 1875, se originaron fracturas que conectaron un yacimiento somero con la superficie.

El segundo caso, sobre el lago de asfalto de Guanoco, figura 1, en el estado Sucre, donde se perforó el Bababui-1 en agosto de 1913 (Martínez, 1976) o el Zumaque N° 1, que fue perforado en la cima del cerro La Estrella, estado Zulia, figura 2. Hoy en día, en los flancos del cerro continúa emanando hidrocarburo.

Este pozo se convirtió en el primer campo petrolero comercial de Venezuela, desde julio de 1914 (Salazar, 2017). Por lo tanto, los rezumaderos, dieron lugar a las primeras actividades de perforación exploratoria en distintas regiones geográficas de Venezuela, tanto en las postrimerías del siglo XIX, en Táchira, como a principios del siglo XX, Sucre y Zulia, en la figura 3, se puede apreciar un gráfico estadístico, donde se ve la evolución de los métodos exploratorios en Venezuela, datos provenientes de Barberii (1998).

Figura 1. Diferentes tipos de localizaciones con rezumaderos. Diseño del autor para este trabajo.

Figura 2. Los tres primeros pozos exploratorios ubicados por rezumaderos. Ubicados desde Google Earth®. Diseño del autor para este trabajo.

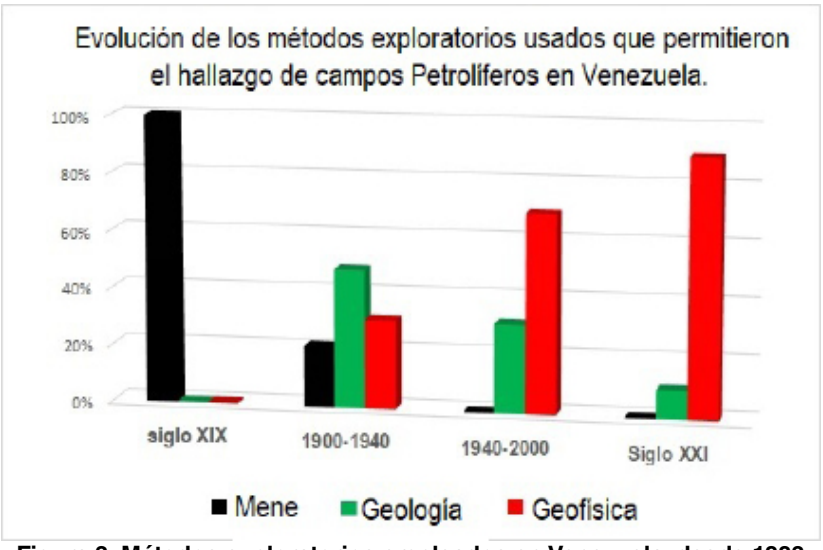


Figura 3. Métodos exploratorios empleados en Venezuela, desde 1883 hasta el primer quinto del siglo XXI. (Barberii,1998). Diseño del autor para este trabajo.

Exploración (Piedra angular de la industria petrolera)

Uno de los procesos vitales de la industria petrolera es la exploración, pues de él depende el descubrimiento de hidrocarburos y el aumento de las reservas. La exploración es el primer eslabón de la cadena de valor, es decir, ubicada aguas arriba (Upstream) del negocio, por lo cual se convierte en la piedra angular de la industria petrolera.

Los pozos exploratorios se ejecutan en áreas sin antecedentes de yacimientos petroleros, como en una zona o formación productora nueva. Con ellos se inicia la perforación de un proyecto y buscan determinar la existencia de los hidrocarburos.

La información que generan procede de los datos geológicos más detallados sobre las propiedades de las rocas, virutas (cutting), núcleos (core) y los fluidos, así como sobre la presión y la productividad iniciales del yacimiento. Sí, una vez que se descubre una reserva de hidrocarburo mediante la perforación exploratoria, se perforan pozos de desarrollo para extraerlos comercialmente del yacimiento ya comprobado.

Según (Lahee, 1941) , existen diferentes tipos de pozos exploratorios: los exploratorios de nuevo campo (A-3), los exploratorios de nuevo yacimiento (A-2c), el exploratorio en profundidad (A-2b) y el exploratorio superior (A-2a), figura 4.

Los pozos exploratorios de nuevo campo son aquellos perforados en una estructura o en un ámbito geológico que jamás produjo anteriormente, mientras que los pozos exploratorios de nuevo yacimiento son aquellos perforados con la esperanza de encontrar un nuevo reservorio o una extensión de un yacimiento productivo, pero ubicados sobre una estructura que ya está produciendo.

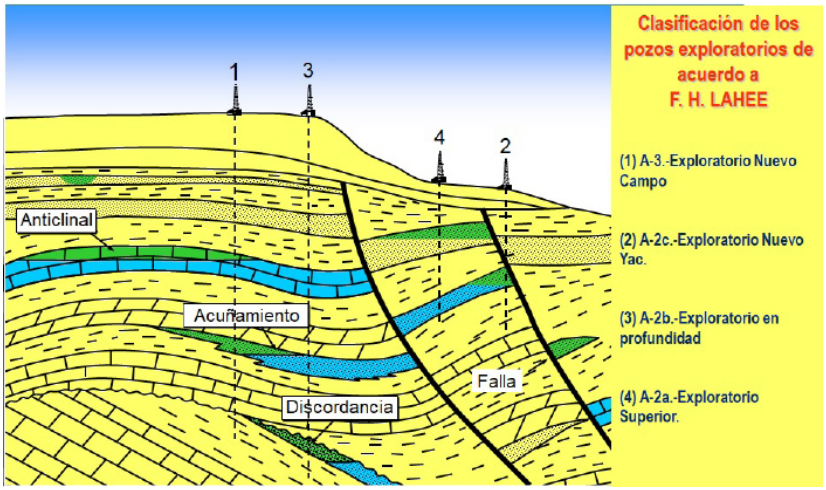


Figura 4. Clasificación de los pozos exploratorios de acuerdo a F. H. Lahee (1941).

La etapa de producción se refiere a la explotación de los hidrocarburos. La fase de extracción de un campo petrolero comienza después de que se ha comprobado la existencia del recurso, gracias a la perforación de pozos exploratorios.

El Midstream es la parte de la industria de los hidrocarburos que procesa, almacena y transporta productos como petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural. Esta industria se encarga de conectar las zonas productoras de petróleo más extensas con los centros de población donde se ubican los consumidores.

El último eslabón de la cadena, aguas abajo (downstream), se inicia con los productos refinados, tales como: gasolina, gasoil, aceites, entre otros. Incluye el comercio, el mercadeo, la venta de productos refinados, la comercialización y el consumo de clientes.

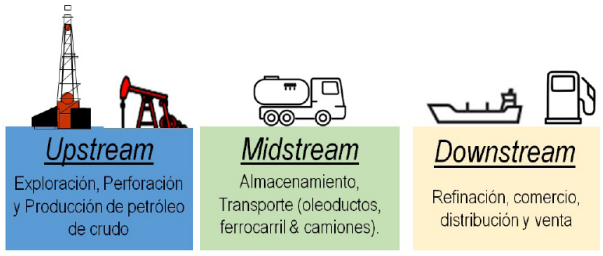


Figura 5. Representación de la industria Upstream, Midstream y Downstream. Diseño del autor para este trabajo.

Antecedentes de la exploración petrolera

La búsqueda de hidrocarburos evolucionó en la medida en que se agotaron los rezumaderos y los yacimientos someros. La lógica de los geólogos y exploradores, del siglo XIX e inicios del XX, los llevó a buscar lugares con características geográficas y geológicas similares a aquellas donde se habían descubierto el crudo, (Levorsen, 1973).

Dependiendo de la forma en que se obtiene la información, los métodos de exploración se dividen en 2 grandes grupos: a) directos y b) indirectos, figura 6.

En los directos la información se adquiere del análisis de los (A) afloramientos y rocas provenientes del subsuelo, como, (B) testigos (core) y (C) recortes de perforación (cutting), permitiendo la documentación y calibración del modelo geológico y petrofísico del subsuelo, mientras que en los indirectos se adquieren datos del subsuelo a partir de la superficie, ejemplo: (D) registros de pozos y (E) la sísmica, se interpretan para establecer hipótesis sobre su origen, tipo de estructura, edad, tipo de roca, entre otros, lo que lleva a establecer la existencia de una trampa petrolífera.

El geólogo petrolero es la piedra angular en la industria petrolera, la cual depende de la incesante búsqueda de reservorios; no cabe duda de que el descubrimiento y la explotación de los hidrocarburos constituyen una empresa netamente geológica. La industria le ha confiado al geólogo muchas más responsabilidades de trabajo y administración de las que suelen ocupar otros profesionales,

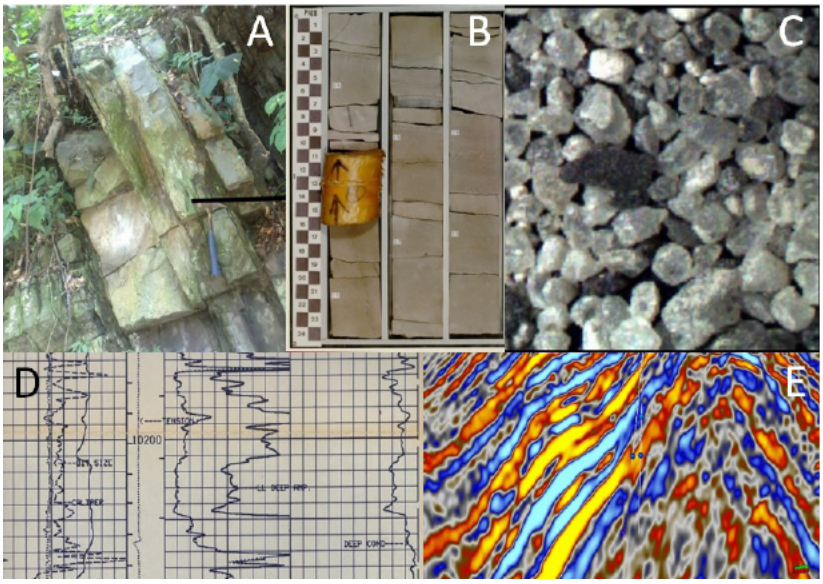


Figura 6. Métodos de exploración, directos e indirectos. Diseño del autor para este trabajo.

ya que el geólogo está acostumbrado a pensar en 3D, figura 7 (Levorsen, 1973).

Figura 7. Geólogo, piedra angular.

Métodos de exploración aplicados en Venezuela desde 1882

Desde 1882, en Venezuela, la transición de una exploración primitiva se basó en la búsqueda de indicios, como los rezumaderos de petróleo. Tras el terremoto de Cúcuta ocurrido el 18 de mayo de 1875, (Rodríguez et al., 2017), el cual formó grietas a su alrededor, a más o menos 34 km del epicentro del sismo, según Google Earth®, en la hacienda "La Alquitrana" en el estado Táchira, estas diaclasas conectaron un pequeño reservorio de crudo liviano con el terreno, permitiendo a los 7 años, en 1882, perforar un pozo a percusión que resultó seco y luego en 1883, el primer pozo productor, llamado Eureka, marcando un hito importante, figura 8A.

Así también sucedió en el lago de Guanoco, el más grande del mundo, con la perforación del pozo Bababui-1, figura 8B, en el estado Sucre y en el cerro La Estrella en el estado Zulia, en los flancos aún emana petróleo, figura 8C.

El empleo de otros métodos científicos como la geología, tanto de superficie como de subsuelo, aportaron grandes descubrimientos, por ejemplo, la geología de superficie permitió el hallazgo de los campos: Tarra, La Paz y La Concepción en el estado Zulia.

Entre tanto, por geología de subsuelo fueron descubiertos los campos: Mara, Lama y Ceuta, también la aerofotogeología facilitó el descubrimiento del campo Caico Seco, en el estado Anzoátegui, posteriormente con el advenimiento de la geofísica, empleando el sismógrafo, se descubrieron los campos: Freites, San Roque, Areo, Merey y Pilón en el estado Anzoátegui.

Usando la balanza de torsión, se descubrió el campo Oficina en el estado Anzoátegui, utilizando el gravímetro, los campos del estado Guárico: Sabán y Ruiz, mientras que, con la sísmica, los campos del estado Zulia: San José, Motatán, Alturitas, Urdaneta, Rosario y muchísimos más.

Finalmente, la perforación de pozos se convirtió en el método directo y definitivo, ya que una vez identificadas las zonas de interés o puntos de drenaje, se perforaba el pozo exploratorio para confirmar la presencia del hidrocar-

Figura 8. Pozos exploratorios ubicados a través de rezumaderos, Eureka, Bababui-1 y Zumaque N° 1. Diseño del autor para este trabajo.

buro y evaluar así su viabilidad económica que implica estudios para cuantificar las reservas probadas, probables y posibles, evaluar la calidad y volumen del yacimiento, analizar la complejidad del reservorio, evaluar las propiedades petrofísicas, dinámica de los fluidos, y las condiciones operativas del sistema para determinar sus propiedades, la capacidad de almacenamiento, el comportamiento del fluido contenido, los costos de producción, transporte y procesamiento, estimar los precios de venta y la demanda del mercado internacional, entre otros factores.

Este análisis busca determinar si el proyecto es rentable, considerando los riesgos tecnológicos, operativos y de precios, para validar o descartar la idea del proyecto.

En conclusión, la exploración petrolera en Venezuela ha evolucionado desde la observación de rezumaderos, los afloramientos de rocas sedimentarias para poner en práctica la teoría anticlinal, (Levorsen, 1973), rastros de rocas plegadas en forma de arco o finalmente hacia la transición tecnológica con el uso de instrumentos científicos como: sismógrafo, gravímetro, balanza de torsión, sísmica 2D y 3D, culminando con la perforación de pozos para la comprobación de las acumulaciones.

Estadísticas de los pozos exploratorios descubridores

La tabla II es una actualización del trabajo de (Martínez, 1999), la investigación contiene 352 campos de hidrocarburos, ordenados por año de descubrimiento, nombre del campo, ubicación geográfica, profundidad final y nombre del

Tabla I. Campos descubiertos y métodos exploratorios empleados. (Barberii,1998).

Campo	Método	Campo	Método	Campo	Método	Campo	Método
La Alquitrana	Mene	Tarra	Geología de Superficie	Mene Grande	Geología de Subsuelo	West Tarra	Geología
Guanoco		La Concepción		Netick		Acema	
La Rosa		Los Manueles		Orocual		Hato	
Los Barrosos		Quiriquire		Mulata		Bare	
El Menito		Cumarebo		Santa Barbara		Mata Grande	
Pedernales		Santa Ana		La Paz		Mara	
Campo	Método	Campo	Método	Campo	Método	Campo	Método
Oficina	Balanza de Torsión	Tucupido	Gravímetro	Areo	Sismógrafo	Rosario	Sísmico
		Taman		Merey		Dragón	
		Pelayo		Pilón		Sipororo	
		Sabán		Uracoa		Las Lomas	
		Ruiz		Yopales		Amarilis	
		Pueblo Viejo		Leona		El Furrial	

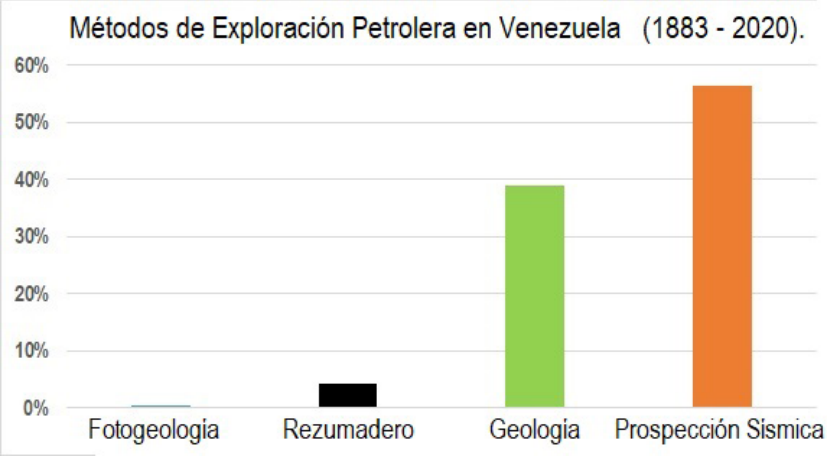


Figura 9. Estadísticas de los métodos de exploración petrolera en Venezuela (Barberii,1998). Diseño del autor para este trabajo.

Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas.

Año	Campo (Trampa)	Estado	Prof. (m)	Pozo descubridor	N°
1883	La Alquitrana	Táchira	60	Eureka	1
1913	Guanoco	Sucre	188	Bababui-1	2
1914	Mene Grande	Zulia	135	Zumaque-1	3
1914	Totumos	Zulia	374	Totumo-2	4
1915	Rio de Oro	Zulia	236	Rio de Oro-1	5
1916	Las Cruces	Zulia	267	Toldo-1 (T-1)	6
1917	Costanero Bolivar	Zulia	642	R-2 (Santa Barbara-2)	7
1920	El Mene	Falcón	945	El Mene-1	8
1923	El Menito	Zulia	932	MBE-1X	9
1923	La Paz	Zulia	229	Las Flores-1 (P-3)	10
1925	Las Palmas	Falcón	638	Las Palmas-1	11
1925	Quiriquire	Monagas	549	QQ-1	12
1925	La Concepción	Zulia	1.058	C-1	13
1926	El Mamón	Falcón	1.067	Mamón-1A	14
1926	Hombre Pintado	Falcón	671	HP-1A	15
1926	Monte Claro	Falcón	114	MCL-1	16
1926	Urumaco	Falcón	1.058	El Mamón I-A	17
1926	Lagunillas Tierra	Zulia	1.067	LS 0001	18
1926	Punta Benitez	Zulia	817	PB-1	19
1927	El Mene de Acosta	Falcón	568	Mene-02	20
1927	Los Manueles	Zulia	1.055	CM-1	21
1928	Amana	Zulia	1.250	Amana-1	22
1928	Tia Juana Lago	Zulia	756	Tia Juana N° 1 (TJ-1)	23
1929	Media	Falcón	823	Media-1	24
1929	Netick	Zulia	1.755	DM-103	25
1930	Bachaquero Lago	Zulia	1.237	Lagunita-1	26
1931	Cumarebo	Falcón	600	CU-1	27
1932	Bosque	Monagas	830	P-001	28
1933	Pedernales	Delta Amacuro	483	PCP-2	29
1933	Orocual	Monagas	927	ORS-1	30
1936	Temblador	Monagas	1.850	TT-1	31
1937	Anaco	Anzoátegui	3.444	AV-1	32
1937	Merey	Anzoátegui	1.646	MG-1	33
1937	Oficina	Anzoátegui	1.799	OG-1	34
1937	Santa Ana	Anzoátegui	2.591	AM-1	35
1937	Yopales	Anzoátegui	1.402	YS-1	36
1937	Pilón	Monagas	1.027	PC-1	37
1937	Uracoa	Monagas	1.310	UC-1	38
1938	Leona	Anzoátegui	670	LG-1X	39

pozo descubridor, pertenecientes a 11 estados: Táchira, Barinas, Portuguesa, Apure, Zulia, Anzoátegui, Monagas, Delta Amacuro, Falcón, Guárico y Sucre, 2 gráficos estadísticos, 2 mapas de las cuencas petrolíferas y los descubrimientos costa afuera (offshore) como: plataforma deltana, Carúpano (Mar Caribe), golfo de Venezuela y golfo de Paria, finalmente la profundidad total y los hallazgos por décadas, figuras 10, 11, 12, 13 y 14.

La exploración a mayor profundidad, buscando nuevos reservorios mesozoicos, incrementó sustancialmente entre las décadas de los 1920 a los 1950 de 1.100 a 2.859 metros promedio por pozos; es decir, 130 %, por otro lado, los hallazgos se multiplicaron pasando de 20 campos (década 1920) a 128 (década 1950), lo que se traduce en 540 %, y contribuyó con el pico de petróleo de 1970 de 3,7 mmbpd, figura 13, empero, hasta el momento, el Cretáceo es el único productor de la Era Mesozoica en Venezuela, el Cretáceo ha acumulado aproximadamente el 6 % de los 70,64 mil millones producidos en Venezuela hasta 2022, (OPEP, 2023), figura 14b.

Hay que continuar la exploración en profundidad, ya que nuestras rocas generadoras de los hidro-

Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas. (Continuación).

1939	El Roble	Anzoátegui	1.067	RPN-1	40
1939	San Joaquin	Anzoátegui	1.997	JMN-1	41
1939	Pueblo Viejo	Zulia	1.220	LBP-116	42
1940	Socororo	Anzoátegui	1.524	SOC-1X	43
1940	Los Caritos	Monagas	1.720	Caritos-1	44
1941	Guara Este	Anzoátegui	2.227	GS-0001X	45
1941	Santa Rosa	Anzoátegui	2.591	RG-02	46
1941	Trico	Anzoátegui	1.829	OG-0168	47
1941	Las Mercedes	Guárico	1.372	Las Mercedes-1	48
1941	Mulata	Monagas	1.400	MUC-1	49
1941	Santa Bárbara	Monagas	1.530	Santa Barbara n° 1	50
1942	Guara Oeste	Anzoátegui	2.468	GG-1X	51
1942	Oveja	Anzoátegui	1.652	OM-2	52
1942	Quiamare	Anzoátegui	1.981	QG-1	53
1942	Las Ollas	Guárico	2.422	LOL-001	54
1942	Avipa	Monagas	1.250	Avipa-1X	55
1942	El Salto	Monagas	1.690	SIM-01	56
1942	Muri	Monagas	1.604	Muri-1E	57
1943	Guario	Anzoátegui	2.438	G-1	58
1943	Ostra	Anzoátegui	1.737	GVJ-1	59
1943	Los Lanudos	Zulia	1.006	C-152	60
1944	Güico	Anzoátegui	1.372	G-1	61
1944	Jusepin	Monagas	1.300	J-130	62
1945	La Ceiba	Anzoátegui	2.818	La Ceiba-1	63
1945	Nipa	Anzoátegui	1.829	NS-1	64
1945	Pirital	Monagas	762	PIC-1E	65
1946	Caico Este	Anzoátegui	2.621	CAM-401X	66
1946	Caico Seco	Anzoátegui	1.982	CAM-1	67
1946	Guico Oeste	Anzoátegui	1.904	WGV-0042	68
1946	Grico	Guárico	1.535	GR-001	69
1946	Ipire	Guárico	1.570	SJO-001	70
1946	Palacio	Guárico	1.400	Mercedes-33	71
1946	Mata Grande	Monagas	1.400	FT-1	72
1946	Travieso	Monagas	1.252	TRA 0002	73
1946	Boscán	Zulia	2.926	7-F-1 (BN-1)	74
1946	Ensenada	Zulia	2.998	Zulia 1-1 (IK-1)	75
1946	Macoa	Zulia	3.518	Macoa-1 (MAC-1X)	76
1947	Guico Sur	Anzoátegui	1.928	SGV-35	77
1947	Palacio	Anzoátegui	1.036	PA-1 (ME-33)	78
1947	Pelayo	Anzoátegui	2.027	PEL-1X	79
1947	Silvestre	Barinas	2.842	SSW-2	80
1947	El Punzón	Guárico	1.494	Punzon-1	81
1947	Guárico 13/10	Guárico	1.558	GUA 13-4	82
1947	Placer	Guárico	2.758	Placer-1	83
1947	Sabán	Guárico	1.668	SA-001	84
1947	Tucupido	Guárico	2.601	TUC-0002	85
1947	Valle 13	Guárico	2.141	VA-301	86
1948	Cariña	Anzoátegui	1.176	Canoa-1	87
1948	Chimire	Anzoátegui	2.134	Chimire No. 2	88
1948	El Toco	Anzoátegui	2.423	TM-1	89
1948	Ganso	Anzoátegui	1.920	GG-501	90
1948	Inca	Anzoátegui	2.165	IM-1	91
1948	Barso	Guárico	1.859	BA13-6	92
1948	Guavinita	Guárico	1.035	GU-002C	93
1948	La Sibucara	Zulia	4.100	S-5	94
1948	San José	Zulia	3.498	Z36E-1 (SJ-1)	95
1949	Cachicamo	Anzoátegui	1.524	CAC-1	96
1949	Freites	Anzoátegui	3.354	FX-1 (SCJ-1)	97

Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas. (Continuación).

1949	Mapiri	Anzoátegui	2.896	SG-1	98
1949	Pradera	Anzoátegui	1.960	PV-1	99
1949	San Roque	Anzoátegui	2.591	B-1 (BE-1)	100
1949	Soto	Anzoátegui	2.896	SG-450	101
1949	Silván	Barinas	3.311	SNW-1	102
1949	Piragua	Guárico	1.119	PI-0001	103
1949	Ruiz	Guárico	1.372	Ruiz 3-1	104
1949	Tamán	Guárico	1.733	TAM-0001	105
1950	Bare	Anzoátegui	1.158	MFB-5	106
1950	Dación	Anzoátegui	1.829	GG-201	107
1950	La Vieja	Anzoátegui	838	VZ-2	108
1950	Los Mangos	Anzoátegui	2.691	MAZ-1	109
1950	Mapiri Central	Anzoátegui	3.170	SB-01	110
1950	Tagua	Anzoátegui	3.079	CAM-101	111
1950	Aragua	Guárico	3.482	ARA-0001	112
1950	Barbacoas	Guárico	1.951	BAR-1	113
1950	Belén	Guárico	1.234	BEL-001	114
1950	Copa-Macoya	Guárico	2.242	COA-001	115
1950	Monal	Guárico	1.231	MGX-001	116
1950	Oritupano	Monagas	2.334	ORM-1	117
1950	Alturitas	Zulia	5.602	Alturitas-1	118
1950	Concordia	Zulia	875	T 0190	119
1950	Mara	Zulia	1.833	DM-2	120
1950	Tres Bocas	Zulia	2.661	WT 0008	121
1950	West Tarra	Zulia	1.220	WT 0001	122
1951	Apamate	Anzoátegui	2.437	TM-101X	123
1951	Boca R	Anzoátegui	2.548	BVR-0001	124
1951	Cerro Pelado	Anzoátegui	1.341	DIVI-1	125
1951	Chaparro	Anzoátegui	2.609	DG-1X	126
1951	Guara Central	Anzoátegui	2.279	GG-0301	127
1951	Soto Este	Anzoátegui	3.383	SM-601	128
1951	Valle 11-17	Guárico	1.400	VA-0902	129
1951	Mara Oeste	Zulia	1.737	DM-115	130
1951	Moporo	Zulia	5.334	TOM-7	131
1951	Quiroz	Zulia	1.057	QZ 0001	132
1952	Cachama Norte	Anzoátegui	2.667	NCV-1	133
1952	Caracoles	Anzoátegui	2.256	CaZ-201X	134
1952	Caz 501	Anzoátegui	2.349	Caz-501	135
1952	Chimire Norte	Anzoátegui	2.749	NCH-002	136
1952	Esquina Sur	Anzoátegui	2.140	OM-501X	137
1952	Lejos	Anzoátegui	1.676	LG-450	138
1952	Mapiri Este	Anzoátegui	3.200	ESV-1	139
1952	Mata-3	Anzoátegui	3.493	M-3-1	140
1952	Mata-5	Anzoátegui	3.818	M-5-1	141
1952	Oscurote	Anzoátegui	3.139	OV-1	142
1952	Rincón Largo	Anzoátegui	2.961	RL-501	143
1952	Roblote	Anzoátegui	2.275	ROE-1	144
1952	Zorro	Anzoátegui	3.607	ZM-1X	145
1952	Bella Vista	Guárico	1.573	GC-001	146
1952	Retumbo	Guárico	1.585	Retumbo-1	147
1952	Tácata	Monagas	671	TAG-5A	148
1952	Motatán	Zulia	2.879	MOT-2	149
1953	Adobe	Anzoátegui	2.370	ADM-1X	150
1953	Casca	Anzoátegui	3.268	CGC-001	151
1953	Finca	Anzoátegui	2.060	FZ-201	152
1953	Junta	Anzoátegui	2.438	Junta 11-2	153
1953	Mapuey	Anzoátegui	2.419	MAZ-0101	154

Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas. (Continuación).

1953	Mata R	Anzoátegui	3.760	MVR-001	155
1953	Nigua	Anzoátegui	3.536	NS-601X	156
1953	Oca	Anzoátegui	1.692	OS-401	157
1953	Santa Fe	Anzoátegui	3.553	SFV-1	158
1953	Soto Norte	Anzoátegui	3.566	SM-501X	159
1953	Zeta	Anzoátegui		Zeta-1	160
1953	Sinco	Barinas	2.857	SIN-1	161
1953	Tiguaje	Falcón	914	Tiguaje 1-1	162
1953	Dakoa-16	Guárico	1.373	DA-004	163
1953	Isleños	Monagas	1.140	Pilon Este-2	164
1953	Jobo	Monagas	1.044	JOM-1	165
1954	Araibel	Anzoátegui	3.475	ARV-1R	166
1954	Caricari	Anzoátegui	1.814	ESE-101	167
1954	Elias	Anzoátegui	2.025	LUC-0001	168
1954	Elotes	Anzoátegui	1.972	ES-1X	169
1954	Isla	Anzoátegui	2.053	IZ-101-X	170
1954	Lido	Anzoátegui	2.666	LG-701X	171
1954	Limón	Anzoátegui	3.055	LZ-601X	172
1954	Mata	Anzoátegui	3.810	ZG-0001	173
1954	Nardo	Anzoátegui	3.079	NS-701X	174
1954	Nidos	Anzoátegui	2.607	NS-0050	175
1954	Nieblas	Anzoátegui	2.865	NS-401	176
1954	Nipa Oeste	Anzoátegui	2.804	WNV-1	177
1954	Zumo	Anzoátegui	2.804	ZM-101X	178
1954	Coporo	Guárico	1.981	Coporo-1	179
1954	Adm-101X	Monagas	2.231	ADM-101-1	180
1954	Manresa	Monagas	805	MRC-1	181
1954	Rosario	Zulia	4.340	CR-3X	182
1955	Aguasay	Anzoátegui	3.905	AGV-1	183
1955	Aguasay Central	Anzoátegui	3.906	AGV-001	184
1955	Aníbal	Anzoátegui	1.739	ANI-1A	185
1955	Boca	Anzoátegui	2.896	SG-102	186
1955	Kaki	Anzoátegui	3.109	KM-2	187
1955	Mata-10	Anzoátegui	3.736	M-10-1	188
1955	Mata-11	Anzoátegui	3.259	M-11-1	189
1955	Melones	Anzoátegui	1.410	MS-401X / MEL-1X	190
1955	Oleos	Anzoátegui	1.524	OS-601X	191
1955	Patacón	Anzoátegui	4.814	PAG-0001	192
1955	Zapatos	Anzoátegui	4.008	ZM-301X	193
1955	Cosi	Guárico	1.824	COS-001	194
1955	Machete	Guárico	3.745	M10-0001	195
1955	Maracaibo Sur	Zulia	955	SOM-3A	196
1955	Tia Juana (LL-652)	Zulia	2.438	LL-652	197
1955	Urdaneta	Zulia	3.498	UD-1 (TJ-342)	198
1956	Adas	Anzoátegui	1.971	ADM-301X	199
1956	Adrales	Anzoátegui	2.743	ADM-401	200
1956	Icacos	Anzoátegui	2.271	IZ-401	201
1956	Juanita	Anzoátegui	1.660	JUA-001	202
1956	Leguas	Anzoátegui	2.193	LM-0050	203
1956	Levas	Anzoátegui	1.981	LG-401	204
1956	Lobo	Anzoátegui	2.169	LG-0501	205
1956	Bonito	Zulia	2.807	WT 0055	206
1956	Ceuta, Bloque VII	Zulia	4.288	Ceuta-1 (VLG-3501)	207
1957	Cantaura	Anzoátegui	3.749	CTV-1	208
1957	Chaparrito	Anzoátegui	2.353	CHA-501	209
1957	Galán	Anzoátegui	3.567	GLV-1	210
1957	Guara norte	Anzoátegui	2.758	GS-0750	211

Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas. (Continuación).

1957	Ira	Anzoátegui	1.920	IG-351	212
1957	La Freitera	Anzoátegui	4.436	LFV-1	213
1957	Mata-14	Anzoátegui	3.536	M-14-1	214
1957	Miga	Anzoátegui	1.402	MG-401X	215
1957	Nipa 100	Anzoátegui	3.120	NV-101	216
1957	Santa Rosa Norte	Anzoátegui	3.821	RZ-1	217
1957	Valle 3	Anzoátegui	2.094	VA-1C	218
1957	Zarza	Anzoátegui	4.161	ZG-201	219
1957	Zulus	Anzoátegui	4.161	ZG-201	220
1957	Capure	Delta Amacuro	1.635	Capure-2A	221
1957	Lechozote	Guárico	3.084	LEC-1X	222
1957	Yucal	Guárico	2.292	Yucal-1	223
1957	Cachipo	Monagas	3.359	PGQ-12	224
1957	Morichal	Monagas	1.010	MGP-4-1	225
1957	Ambrosio	Zulia	712	A-159	226
1957	Centro, Bloque III	Zulia	3.895	Centro-2X	227
1957	Icotea	Zulia	2.923	UD-41	228
1957	Lagunillas Lago	Zulia	1.064	Lago-1	229
1957	Lama	Zulia	2.546	Lama-1	230
1957	Los Claros	Zulia	2.859	22D-1 (LCL-3)	231
1958	Aguasay Este	Anzoátegui	4.511	EAG-1	232
1958	Largo	Anzoátegui	4.605	LRV-0001	233
1958	Rosa	Anzoátegui	3.536	RV-0001	234
1958	Rosal	Anzoátegui	3.429	RM-201	235
1958	Zanjas	Anzoátegui	4.309	ZM-0452	236
1958	Estero	Barinas	3.170	SEW-1	237
1958	Maporal	Barinas	3.261	SMW-1	238
1958	Palmita	Barinas	3.292	SPW-1X	239
1958	Posa	Golfo de Paria	3.365	Posa 112-A-1	240
1958	Barúa	Zulia	2.682	MGB-1X	241
1958	Lamar	Zulia	3.963	LPG-14-3	242
1959	Bote	Anzoátegui	2.743	BOT-0001	243
1959	Maulpa	Anzoátegui	1.829	MAV-1	244
1959	Jobal	Guárico	2.375	JOB-001	245
1959	Onado	Monagas	4.877	ONV-1	246
1960	Iris	Anzoátegui	2.287	IM-0601	247
1960	Altas	Guárico	2.196	ALT-001	248
1961	Aguasay Norte	Anzoátegui	4.863	ONO-003	249
1961	Hato	Barinas	2.911	Hato-1	250
1963	La Ceibita	Anzoátegui	669	LCV-1R	251
1963	Garcia	Zulia	5.334	28F-1X (GAR-7)	252
1965	Páez-Mingo	Barinas	2.854	Paez-4	253
1965	Bombal	Delta Amacuro	1.634	BARQ 1-A	254
1965	Tucupita	Delta Amacuro	1.710	Tucupita-1	255
1966	Acema	Monagas	3.689	ACA-1	256
1967	Caipe	Barinas	3.484	CAI-1	257
1970	Urdaneta este Lago	Zulia	3.499	UD-5	258
1971	Budare	Anzoátegui	1.560	21B-1	259
1973	Elotes Norte	Anzoátegui	1.860	ELO-001	260
1973	Ensenada de La Vela	Falcón	3.650	LVC-4X	261
1973	Sur del Lago (SLA-6)	Zulia	5.037	SLA-6-2X	262
1974	Sin 16	Barinas	2.682	Sin 16 -1X	263
1974	Casma	Monagas	3.658	Casma-1X	264
1974	Sur del Lago	Zulia	5.659	SLC 0001	265
1975	Zuata Principal	Monagas	860	Suata-1	266
1978	Guamache	Anzoátegui	4.503	GMV-0001	267
1978	Zacarias	Anzoátegui	4.145	ZG-0500	268

Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas. (Continuación).

1979	Cerro Negro	Anzoátegui	945	CNX-1	269
1979	Guahibo	Anzoátegui	824	MFG-0001	270
1979	Lache	Anzoátegui	535	MFL-0001	271
1979	Makiritare	Anzoátegui	580	MFM-0001	272
1979	Rio Negrino	Anzoátegui	541	MFR-0001	273
1979	Patao	Carúpano	4.148	PA-1	274
1980	Kuripaco	Anzoátegui	844	MFK-0001	275
1980	Mamo	Anzoátegui	371	MA-0108	276
1980	Dragón	Carúpano	3.760	DR-1	277
1980	Los testigos	Carúpano	2.234	LT-1	278
1980	Mejillones	Carúpano	2.234	MJ-1	279
1980	Alpuf	Zulia	1.528	Alpuf-3X	280
1980	San Julián	Zulia	5.640	San Julian-1 (SJL-1)	281
1981	Dobokubi	Anzoátegui	1.408	CAN-02	282
1981	Farante	Anzoátegui	1.241	MFF-0001	283
1981	Iguana Zuata	Anzoátegui	823	IZZ-0034	284
1981	Zuata Norte	Anzoátegui	1.744	NZZ-1X	285
1981	Rio Caribe	Carúpano	2.400	Rio Caribe-1X	286
1981	El Moján	Zulia	3.594	DMM 0001	287
1982	Yopales Sur	Anzoátegui	1.376	YS-654	288
1982	Cocuina	Plataforma Deltana	1.347	COC-1X	289
1982	Lorán	Plataforma Deltana	827	Loran-1X	290
1983	Tajalí	Plataforma Deltana	4.559	Tajali-1X	291
1983	Machiques	Zulia	5.719	Machiques-3 (MCH-3)	292
1984	Carisito	Anzoátegui	4.603	AGM-1X	293
1984	Guafita	Apure	2.746	Gf-1X	294
1984	La Victoria	Apure	3.328	LVT-1X	295
1984	Urdaneta (UD-101)	Zulia	4.983	UD-101	296
1985	San Vicente	Monagas	5.489	SVL-1X	297
1986	La Florida	Anzoátegui	2.608	ONM-201X	298
1986	Aragua de Maturín	Monagas	4.881	Aragua de Maturin-1X	299
1986	El Furrial	Monagas	4.240	FUL-1X	300
1986	Tomoporo	Trujillo	5.021	TOM-1X	301
1987	Carito Profundo	Monagas	5.417	FUC-1X	302
1988	Pato	Anzoátegui	5.409	PAG-3X	303
1988	Carito	Monagas	4.880	SBC-10E	304
1988	El Corozo	Monagas	5.791	COL-1X	305
1988	Lagotreco	Zulia	5.403	VLG-3729	306
1989	Boquerón	Monagas	5.563	BQN-1X	307
1989	Chaguaramal	Monagas	3.402	CHL-1X	308
1990	Amarilis	Monagas	5.946	Amarilis-1X	309
1992	La Ceiba	Trujillo	6.638	La Ceiba-1 (CEI-1X)	310
1993	Borburata (Bor-1X)	Barinas	3.838	BOR-1X	311
1993	Torunos (Tor-1X)	Barinas	3.533	TOR-1X	312
1994	Borburata (Bor-2E)	Barinas	3.746	BOR-2E	313
1994	Caipe Norte	Barinas	3.436	CAI-9	314
1994	Torunos (Tor-2E)	Barinas	3.540	TOR-2E	315
1994	Torunos (Tor-3E)	Barinas	3.783	TOR-3E	316
1994	Torunos (Tor-4E)	Barinas	3.563	TOR-4E	317
1994	Las Piedritas	Monagas	4.941	PTL-1X	318
1996	Bejucal (Bej-1X)	Barinas	3.066	BEJ-1X	319
1996	Bejucal (Bej-2E)	Barinas	3.628	BEJ-2E	320
1996	Borburata (Bor-6E)	Barinas	3.800	BOR-6E	321
1996	Las Lomas	Barinas	3.658	LLM-1X	322
1996	Maporal Este	Barinas	2.926	SMW-27	323
1996	Obispo	Barinas	3.509	OBI-1X	324
1996	Jusepín-476X	Monagas	5.620	J-476X	325

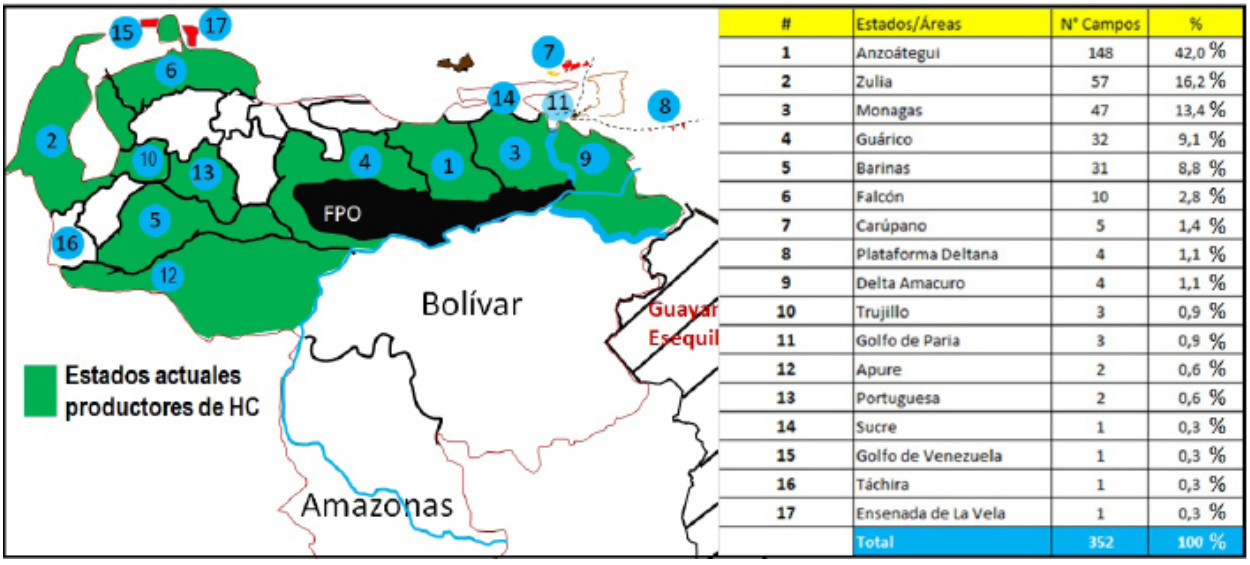
Tabla II. Lista de 352 pozos exploratorios descubridores de petróleo y gas. (Continuación).

1996	San Luis	Monagas	5.873	SLL-1X	326
1996	Guarani	Zulia	3.019	Guarani--1X	327
1997	Bejucal (Bej-4E)	Barinas	3.816	BEJ-4E	328
1997	Socuavó	Zulia	4.237	SOC0001	329
1998	Borburata (Bor-10E)	Barinas	3.570	BOR-10E	330
1998	Cotoperi	Monagas	5.944	COT-2X	331
1998	Tropical	Monagas	4.402	TPM-1X	332
1999	Corocoro	Golfo de Paria	3.688	CGP-1X	333
2000	Huyapari	Anzoátegui	908	HYH-001	334
2000	Punta Sur	Golfo de Paria	5.500	PSP-1X	335
2002	Dorado	Plataforma Deltana	3.428	Dorado-1X	336
2003	Tacata Profundo	Anzoátegui	5.732	TAC-2X	337
2004	Maporal Norte	Barinas	3.414	MPN-1X	338
2004	Sipororo	Portuguesa	2.923	SIP-2X	339
2005	Tonoro	Monagas	3.962	TON-6	340
2005	Travi Profundo	Monagas	6.395	TRV-2X	341
2005	Franquera	Trujillo	5.060	FRA-1X	342
2008	Orocual Profundo	Monagas	4.304	ORS-52X	343
2008	Sabaneta	Portuguesa	2.781	SAB-1X	344
2009	Perla	Golfo de Venezuela	3.147	Perla-1X	345
2010	Silvestre (SSW-63)	Barinas	3.155	SSW-63X	346
2011	Maporal Sur Este	Barinas	3.272	SMW-31X	347
2011	Silvestre (SSW-64)	Barinas	3.189	SSW-64X	348
2012	Lomas Norte	Barinas	3.846	LLM-2E	349
2013	Jusepin Profundo	Monagas	5.486	J-503X	350
2015	Silvestre (SSW-66)	Barinas	3.123	SSW-66X	351
2016	Orocual (CHL-11)	Monagas	5.153	CHL-11X	352

carburos son del Cretácico, Formación Querecual de la cuenca Oriental (Campos et al., 1985) y la Formación La Luna se considera la roca madre principal de gran parte de los hidrocarburos generados y atrapados en la Cuenca del lago de Maracaibo (Talukdar et al., 1986).

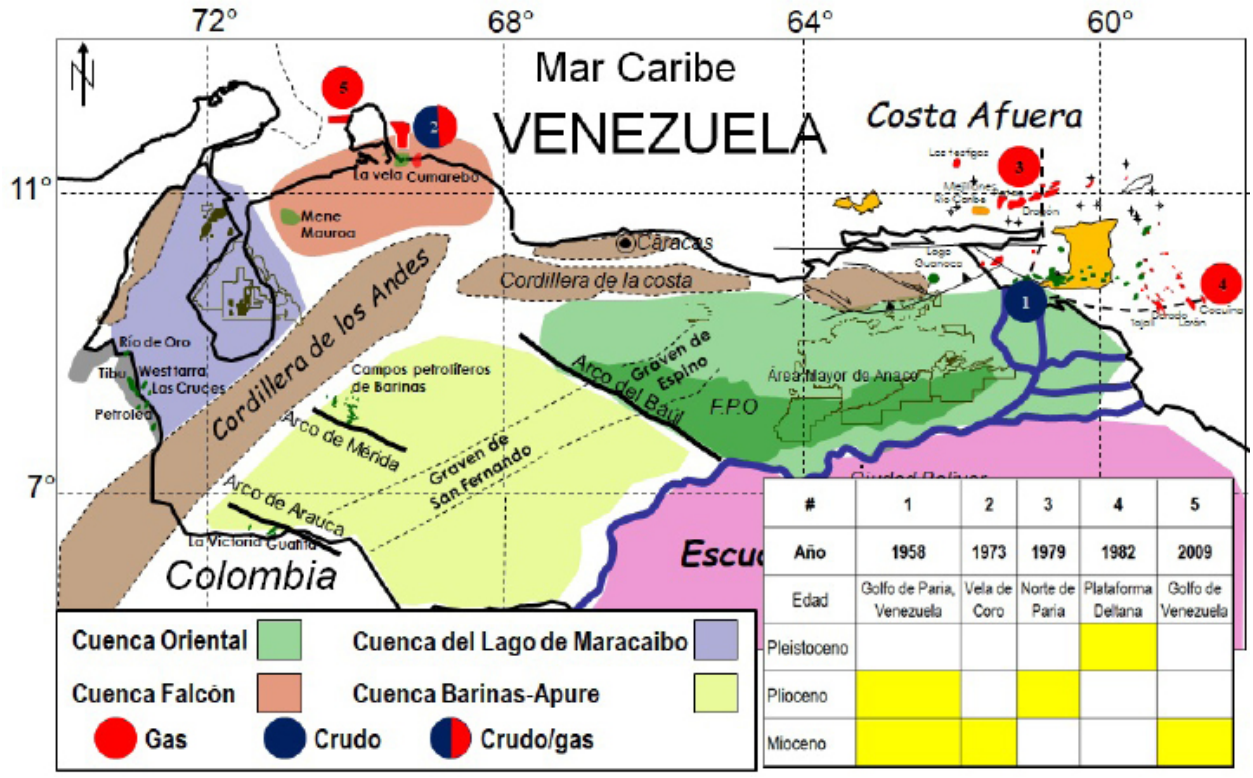
El mayor porcentaje de campos lo representan aquellos que se encuentran entre el rango de profundidad 1.000 y 2.000 metros, mientras que apenas 2 campos, Travi profundo en Monagas y La Ceiba, en el estado Trujillo, superan los 6.000 m.

La cuenca del Lago de Maracaibo, figura 13, hasta el momento ocupa el primer lugar en cuanto al mayor porcentaje de petróleo acumulado, con el 60 %. La cuenca Oriental de Venezuela, compuesta por los estados: Guárico, Monagas, Anzoátegui y Delta Amacuro, posee la mayor población de campos (petróleo/gas) del país, 65 %, en segundo lugar, la cuenca del lago de Maracaibo y finalmente Barinas-Apure, figura 12.



#	Estados/Áreas	N° Campos	%
1	Anzoátegui	148	42,0 %
2	Zulia	57	16,2 %
3	Monagas	47	13,4 %
4	Guárico	32	9,1 %
5	Barinas	31	8,8 %
6	Falcón	10	2,8 %
7	Carúpano	5	1,4 %
8	Plataforma Deltana	4	1,1 %
9	Delta Amacuro	4	1,1 %
10	Trujillo	3	0,9 %
11	Golfo de Paria	3	0,9 %
12	Apure	2	0,6 %
13	Portuguesa	2	0,6 %
14	Sucre	1	0,3 %
15	Golfo de Venezuela	1	0,3 %
16	Táchira	1	0,3 %
17	Ensenada de La Vela	1	0,3 %
	Total	352	100 %

Figura 10. Estados productores de hidrocarburos actuales. Datos estadísticos de 352 pozos exploratorios descubridores de hidrocarburos. Diseño del autor para este trabajo.



#	1	2	3	4	5
Año	1958	1973	1979	1982	2009
Edad	Golfo de Paria, Venezuela	Vela de Coro	Norte de Paria	Plataforma Deltana	Golfo de Venezuela
Pleistoceno					
Plioceno					
Mioceno					

Figura 11. Cuencas petrolíferas y edad de los reservorios costa afuera (*offshore*). Diseño del autor para este trabajo.

Cuencas	Campos Petroleo y Gas	%
Oriental	232	66 %
Maracaibo	61	17 %
Barinas-Apure	35	10 %
Offshore	14	4 %
Falcon	10	3 %
Total	352	100 %

Prof (m)	Cantidad
< 1.000	43
1.000 a 2 k	98
2.000 a 3 k	81
3.000 a 4 k	78
4.000 a 5 k	26
5.000 a 6 k	23
6 k	2

Figura 12. Estadísticas de pozos exploratorios descubridores. Diseño del autor para este trabajo.

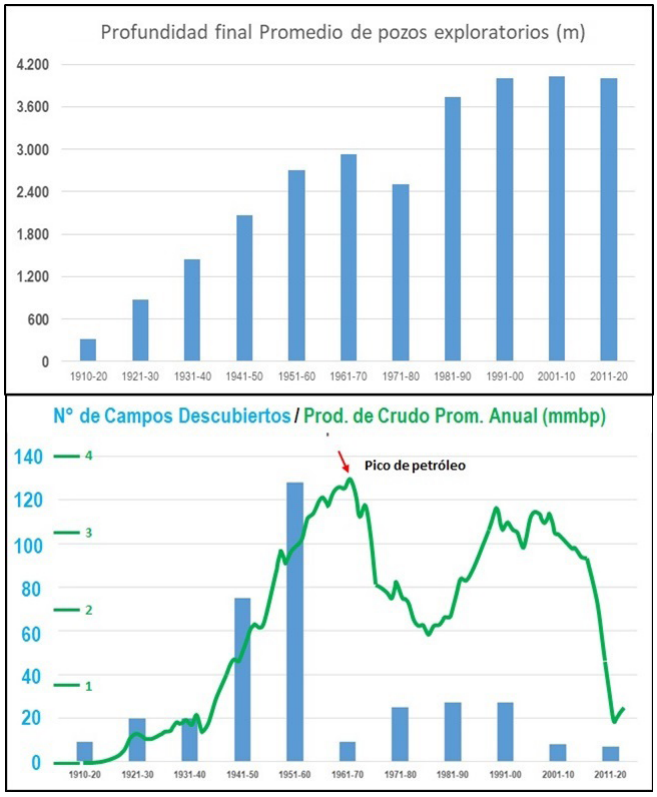


Figura 13. Profundidad final de los pozos exploratorios, descubrimientos por décadas y producción promedio anual de petróleo crudo entre 1920-2020. Diseño del autor para este trabajo.

Conclusiones y recomendaciones

- La cuenca oriental de Venezuela, conformada por los estados: Anzoátegui, Guárico, Monagas y Delta Amacuro posee el 65 % de los campos de hidrocarburos del país.

- El estado Anzoátegui, de la cuenca oriental, posee el 42 % de los campos de hidrocarburos del país y, en segundo lugar, el estado Zulia de la cuenca del Lago de Maracaibo con el 16,5 %.

- El 28 % de los pozos exploratorios descubridores de hidrocarburos se encuentran entre el rango de profundidad 1.000 a 2.000 metros.

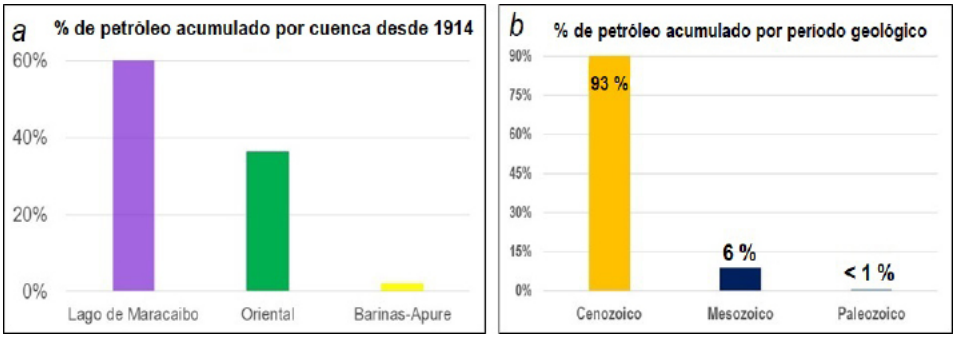


Figura 14. a) Porcentaje de petróleo acumulado por cuenca y b) Porcentaje de petróleo acumulado por periodos geológicos. Diseño del autor para este trabajo. Fuente: Ministerio de Energía y Minas (PODE) 2014.

- Las áreas marítimas son mayoritariamente gasíferas, mientras que las que se ubican en tierra son petrolíferas.
- Entre las décadas de los 1920 a la década de 1950, se incrementaron las profundidades de 1.100 a 2.859 metros promedio por pozos, es decir, 130 %, por otro lado, los hallazgos se multiplicaron pasando de 20 campos (década 1920) a 128 (década 1950), lo que se traduce en 540 %.

Agradecimientos

El autor agradece a los ingenieros Adrys Mejias Reyes, Gilberto Parra, Kelvin Cabrera, MSc Marianto Castro y los PhD Marcel Chin-A-Lien y Alfonso Quaglia, por sus sugerencias y recomendaciones.

Referencias bibliográficas

Barberii, E. E. (1998). El pozo ilustrado (4a ed.). Caracas, Venezuela: FONCIED [Petróleos de Venezuela, S. A.].

Boletín Estadístico Anual de la OPEP 2023. Editorial Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), pp 27.

Campos, V., S. de Cabrera y R. Lander (1985). Estratigrafía del noreste de Anzoátegui. VI Cong. Geol. Ven., Caracas, Mem. 1: 156-200.

Chacín B., E. (2024). Historia geológica y petrolera de la subcuenca de Barinas, Venezuela. Geominas 52(93). 91-105. Disponible en: https://www.revistageominas.com/home/editions/93/historia-geologica-y-petrolera-de-la-subcuenca-de-barinas-venezuela

Lahee, F. H. (1941). Field Geology, McGraw-Hil Book Company, Inc., New York.

Levorsen, A. I. (1973). Geología del Petróleo. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Quinta edición, Capítulo VI, pp 137.

Martínez, Aníbal R. (1976): Cronología del petróleo venezolano. Ediciones Petroleras Foninves. Caracas 351p.

Martínez, Aníbal R. (1999). Venezuela Oilfields by year of Discovery 1883 to 1999. Caracas.

PODE (2014): Petróleo y Otros Datos Estadísticos. Quincuagésima quinta edición. Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería.

Rodríguez D., L.M., Diederix, H., Torres, E., Audemard, F.A., Hernández, C., Singer, A., Bohórquez, O., Yépez, S., 2017. Identification of the seismogenic source of the 1875 Cucuta earthquake on the basis of a combination of neotectonic, paleoseismologic and historic seismicity studies. Journal of South American Earth Sciences.

Salazar, Iván José (2017). El Zumaque N°1: Primer pozo comercial petrolero de Venezuela. Revista de Historia, Geografía, Arte y Cultura 5(10)/ Julio-diciembre 2017, pp. 148-156

Talukdar S., Gallango O., and Chin-A-Lien M. (1986). Generation and migration of hydrocarbons in the Maracaibo Basin, Venezuela: An integrated basin study, in Leythaeuser D. and Rullkoter J., eds. Advances in Organic Geochemistry (1985). Org. Geochem, 10(1-3), p. 261-279.

Editorial

Viene de la página 2...

En la educación universitaria, la IA permite la creación de sistemas de aprendizaje adaptativos que se ajustan a las necesidades individuales de los estudiantes facilitando aprendizaje más personalizado, empleando algoritmos en procesos automáticos. Se menciona nuevas carreras y planes académicos, un gobierno corporativo. (ITSitio, 2025).

Se pronostica que ya en 2027, herramientas tales como DeepResearch, Gemini de Google o Perplexity, serán meros asistentes a colaboradores, que podrán liderar grupos de investigación en 2030. Así, se trata de la transformación en el procesamiento del conocimiento humano. (ITSitio, 2025).

Por otra parte, han surgido preocupaciones sobre el rápido desarrollo de la IA, considerándola como desventajas: pérdida del control de sus vidas, los sistemas de vigilancia y de datos, podrían ser peligrosos provocaría que millones de personas perdieran sus empleos, con la dependencia en la IA se verán disminuidas las habilidades cognitivas, sociales y de supervivencia, el ciberdelito, la ciberguerra y la posibilidad de que organizaciones esenciales se vean en peligro por información utilizada como arma, abriendo facetas de vulnerabilidad. (Zhang, 2020).

Una desventaja ambiental del desarrollo de la IA es la proliferación de centros de datos que contienen servidores que producen desechos de equipos eléctricos y electrónicos que consumen grandes cantidades de agua, dependen de minerales críticos y elementos raros, de extracción insostenible.

Por otra parte, la UNESCO considera que la IA tiene un enorme potencial para el bien social y la promoción de la consecución de las ODS si se desarrolla de una manera que beneficie a la humanidad, respetando las normas y estándares mundiales y esté anclada en la paz y el desarrollo.

Albert Einstein dijo: ¨Temo por el día en el que la tecnología sobrepase la interacción humana. El mundo solo tendrá una generación de idiotas¨. Mark Zuckerberg: Ha afirmado que la IA Superinteligente (ASI) está ahora a la vista y que anunciará una nueva era de empoderamiento personal (30 jul 2025). Elon Musk: Ha confirmado que la IA y los robots asumirán todos los empleos en el futuro.

Sobre la opinión de la ciencia del desarrollo de la IA, diferentes estudios científicos demuestran que impacta nuestras vidas. Su influencia está transformando la sociedad y nuestra relación con el mundo. Dicen: Nos estamos volviendo demasiado dependientes de la IA. Algunas tradiciones religiosas ven a la IA como una herramienta sin conciencia ni alma, incapaz de discernir el bien del mal. Otras advierten que, al despertar de ella para decisiones éticas, podríamos estar abdicando nuestra responsabilidad moral. (BA, 2024).

El futuro del derecho penal en la era de la IA, plantea, en sus desafíos y oportunidades, la necesidad de regulaciones más estrictas que aseguren el uso ético y responsable de la IA en la investigación penal.

De gran interés es la reciente COP30 en Brasil que persigue reforzar la acción climática global, especialmente en la Amazonía, y avanzar en la mitigación, adaptación y financiamiento climático. Los pilares incluyen la energía, justicia y gobernanza.

Para encontrar detalle y más información sobre la IA, referimos: https://www.un.org/es/climatechange/reports, https://tienda.elsevier.es/manual-practico-de-inteligencia-artificial-en-entornos-sanitarios-9788413823881.html, https://biblioteca.uoc.edu/es/actualidad/noticia/Visiones-de-futuro-cuatro-maneras-en-que-la-IA-generativa-podria-integrarse-en-las-bibliotecas/

Disponible en: https://youtu.be/zdISPpXdJ48?si=BSOj5VmOS0k8S2tk

Disponible en: https://youtu.be/mueraZKWxec?si=yMyQo1gyHe1cdARa

Collaborators Volume 53
Colaboradores Volumen 53
Colaboradores Volume 53

GEOMINAS

Alfonso Quaglia	Ing°Geó°	PhD	Inter-Rock, C. A.	quagliaa@inter-rock-ca.com	USA
Marlene Villalba	Ing°Petró°	PhD	Inter-Rock, C. A.	Villalbam@inter-rock-ca.com	Venezuela
Ángel R. P. Paulo G. C.	Ing^{a}Min^{a}	MSc	Universidad de Oriente	apaulo@udo.edu.ve	Venezuela
José Herrero Noguerol	Ing°Geó	MEng	Universidad de Oriente	joseherreron@hotmail.com	Venezuela
Juan Carlos Porras	Ing°Geó°	MSc	Inter-Rock Panamerican	porrasjc@inter-rock-ca.com	USA
Rafael Panesso	Ing°Geó°	MSc	Inter-Rock Panamerican-Colombia	panessor@inter-rock-ca.com	Colombia
Anthony J. Lascano	Ing°Geó°		Instituto Nacional de Geología y Minería (IN-GEOMIN)	anthonyjoselascano@gmail.com	Venezuela
Edgar J. Chacín B.	Geó°		Consultoría GPSI	echb@hotmail.com	Venezuela
Edymar Luna	Ing°Geó°		Libre ejercicio	luna.edy.10@gmail.com	Venezuela

GEOMINAS

Guidelines for authors
Normas para los autores
Norma de colaboração

Los trabajos deben ser enviados a la Comisión Directiva de GEOMINAS a: papers@revistageominas.com

Los trabajos pueden estar escritos en español, portugués o inglés, en cualquier versión Word® para Windows®.

Las imágenes, tablas, gráficos, ecuaciones o fórmulas, mapas y todo lo que no sea texto normal se debe anexar, cada uno, en archivos separados, en formato ,png, .jpg o .gif; en color RGB con resolución mínima de 300 ppp.

La extensión máxima de los trabajos será de 10 páginas, tamaño carta con margen superior, inferior y derecho de 3 cm e izquierdo de 4 cm, escritos en Arial tamaño 12, a un espacio y medio. Las tablas, gráficos, figuras, mapas e imágenes no se incluyen en la extensión señalada.

Los trabajos no contendrán declaraciones de carácter político.

Al inicio del artículo debe aparecer el área temática del mismo, en inglés, español y portugués.

El título del trabajo debe colocarse en inglés, español y portugués.

Se debe colocar el nombre y apellido de sus autores, cada uno con: sus direcciones de correo electrónico, sus títulos profesionales y máximo nivel académico alcanzado, y una fotografía de rostro o busto.

El trabajo deberá contar con resumen en los 3 idiomas de la revista, como mínimo, en español y en inglés, de extensión no mayor de 250 palabras; ambos deben describir brevemente, en un solo párrafo, el objetivo general, la metodología más relevante, resultado principal, y la conclusión más importante.

Deben incluirse 5 palabras clave, así como sus traducciones a los otros dos idiomas de la revista.

Los trabajos deberán contar con, por lo menos, las siguientes secciones: Introducción, Planteamiento del problema o hipótesis, Metodología, Resultados, Discusión, Conclusiones, Referencias.

Adicional al nombre en cada archivo que los contiene, todas las ilustraciones, mapas, gráficos, tablas y figuras, deben contar con sus res-

Articles must be sent to GEOMINAS Board to: papers@revistageominas.com

Papers may be written in Spanish, Portuguese or English, in any Word® version for Windows.

The images, tables, graphs, equations or formulas, maps and everything that is not text, must be attached, each one, in separate files, in .png, .jpg or .gif format; in RGB color with a minimum resolution of 300 dpi.

The maximum length of papers will be 10 letter-size pages with top, bottom and right margins of 3 cm and left margin of 4 cm, written in Arial size 12, a space and a half. Tables, graphs, figures, maps and images, are not includes in extension indicated.

Papers will not contain political statements.

At the beginning of the article the thematic area of the article must appear, in English, Spanish and Portuguese.

Paper title should be placed in English, Spanish and Portuguese.

The name and last name of each of the authors should be written, with each email addresses, each professional grade and highest academic level reached by everyone, and a face or bust photo.

The paper must have an abstract in the 3 languages of the journal, at least in English and Spanish, without exceeding 250 words in Spanish. The abstract should briefly describe, in a single paragraph, the general objective, the most relevant methodology, the main result and the most important conclusion.

5 keywords must be included, as well as their translations into the other two languages of the journal.

Papers must have, at least, the following sections: Introduction, Statement of the problem or hypothesis, Methodology, Results, Discussion, Conclusions, References.

In addition to the name in each file that contains them, all the illustrations, maps, graphs, tables, and figures must have their respective

Os trabalhos devem ser enviados à Comissão Diretiva de GEOMINAS a: papers@revistageominas.com

Os trabalhos podem estar escritos em espanhol, português ou inglês, em qualquer versão Word® para Windows®.

As imagens, tabelas, gráficos, equações ou fórmulas, mapas e tudo que não seja texto, devem ser anexados, cada um, em arquivos separados, em formato .png, .jpg ou .gif; em cores RGB com resolução mínima de 300 dpi.

A extensão máxima dos trabalhos será de 10 páginas tamanho carta com margem superior, inferior e direito de 3 cm e esquerdo de 4 cm, escritos em Arial tamanho 12, a um espaço e médio. A extensão assinalada no inclui tabelas, gráficos, figuras, mapas e imagens.

Os trabalhos não conterão declarações de caráter político.

No início do artigo deve constar a área temática do artigo, nos idiomas inglês, espanhol e português.

O título do trabalho deve ser colocado em inglês, espanhol e português.

Deve ser colocado o nome e sobrenome de seus autores, a cada um, com suas direções de correio eletrônico, seus títulos profissionais e máximo nível acadêmico atingido, e uma fotografia do rostro ou busto.

O trabalho deve ter resumo nos 3 idiomas da revista, no mínimo em inglês e espanhol, sem ultrapassar 250 palavras em espanhol. O resumo deve descrever brevemente, em um único parágrafo, o objetivo geral, a metodologia mais relevante, o resultado principal e a conclusão mais importante.

Devem ser incluídas 5 palavras-chave, bem como suas traduções para os outros dois idiomas da revista.

Os trabalhos devem conter, no mínimo, as seguintes seções: Introdução, Enunciado do problema ou hipótese, Metodologia, Resultados, Discussão, Conclusões, Referências.

Além do nome em cada arquivo que as contém, todas as ilustrações, mapas, gráficos, tabelas e figuras de-

pectivos títulos y numeración idéntica a la que se ha usado en el texto para referirse a ellos. Todos estos deben colocarse al final, después de las referencias.

No se publicarán imágenes borrosas.

Los trabajos que contengan signos matemáticos deben presentarse con claridad e identificarlos perfectamente; definiéndolos donde aparezcan por primera vez, en el texto.

Las citas y referencias deben obedecer a las normas APA más recientes.

Una vez recibidos los trabajos serán revisados por los especialistas que constituyen la Comisión de Arbitraje, los mismos podrán ser devueltos para ser mejorados o completados. En caso de ser rechazados no serán incluidos en la edición programada.

Los autores deberán sugerir tres posibles árbitros, especialistas en el tema central del trabajo en consideración, con sus respectivas direcciones de correo electrónico.

titles and identical numbering to the one used in the text to refer to them. All these should be placed at the end, after the references.

No blurry images will be published.

Papers containing mathematical symbols should be presented clearly and perfectly identifiable; defining them where they appear for the first time in the text.

Citations and references must follow the last APA standards.

Upon receipt of the papers will be reviewed by specialists who constitute the Peer-Review Commission, they may be returned to be improved or completed. In case of rejection, they will not be included in the scheduled issue.

Authors should suggest three potential peers, specialists in the paper theme under consideration, with their email addresses.

vem ter seus respectivos títulos e numeração idêntica à utilizada no texto para se referir a eles. Todos estes devem ser colocados no final, após as referências.

Não se publicarão imagens borrosas.

Os trabalhos que contenham signos matemáticos devem ser apresentado com clareza e os identificar perfeitamente; definindo-os onde apareçam pela primeira vez, nas ilustrações do texto.

Citações e referências devem seguir os últimos padrões da APA.

Uma vez recebidos os trabalhos serão revisados pelos especialistas que constituem a Comissão de Arbitragem, os mesmos poderão ser devolvidos para ser melhorados ou completados. Em caso de ser recusados não serão incluídos na edição programada.

Os autores deverão sugerir três possíveis árbitros, especialistas no tema central do trabalho em consideração, com suas respectivas direções de correio eletrônico.

Peer Review Policy
Política de revisión por pares
Política de Revisão por Pares

1. Introducción

Geominas on-line es una revista científica de acceso abierto que publica artículos originales e inéditos en español, inglés y portugués, sobre todos los aspectos de las ciencias de la tierra, incluyendo geología, mineralogía, geoquímica, geofísica, geoingeniería y ciencias ambientales. La revista se publica en formato electrónico y está disponible gratuitamente online para cualquier persona que quiera leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir o usar con cualquier propósito legal, sin ninguna

1. Introduction

Geominas on-line is an open access scientific journal that publishes original and unpublished articles in Spanish, English, and Portuguese, on all aspects of earth sciences, including geology, mineralogy, geochemistry, geophysics, geoengineering, and environmental sciences. The journal is published electronically and is freely available online to anyone who wants to read, download, copy, distribute, print, or use for any legal purpose, without any financial, legal, or technical barriers.

1. Introdução

A Geominas on-line é uma revista científica de acesso aberto que publica artigos originais e inéditos em espanhol, inglês e português, sobre todos os aspectos das ciências da terra, incluindo geologia, mineralogia, geoquímica, geofísica, geoengenharia e ciências ambientais. A revista é publicada em formato eletrônico e está disponível gratuitamente online para qualquer pessoa que queira ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir ou usar com qualquer propósito legal, sem nenhuma

barrera financiera, legal o técnica.

2. Objetivo

La presente política tiene como objetivo establecer los lineamientos generales que regirán el proceso de revisión por pares de los artículos enviados a la revista Geominas on-line. El objetivo principal de la revisión por pares es garantizar la calidad, la originalidad y la relevancia de los artículos publicados en la revista, contribuyendo a mantener la integridad y la confiabilidad de la información científica que se difunde.

3. Proceso de revisión por pares

3.1 Evaluación inicial por el Consejo Editorial

Todos los artículos enviados a la revista Geominas on-line serán revisados inicialmente por el Consejo Editorial. El Consejo Editorial evaluará la pertinencia del tema del artículo para el alcance de la revista, la calidad de la escritura y la adecuación del formato a las normas editoriales de la revista. Si el Consejo Editorial considera que el artículo cumple con los criterios mínimos de calidad, lo enviará a tres árbitros externos para su revisión.

3.2 Revisión por árbitros externos

Los árbitros externos serán expertos en el campo de estudio correspondiente al artículo y serán seleccionados por el Consejo Editorial en base a su ex-

2. Objective

This policy aims to establish the general guidelines that will govern the peer review process of articles submitted to the journal Geominas on-line. The main objective of peer review is to ensure the quality, originality, and relevance of the articles published in the journal, contributing to maintaining the integrity and reliability of the scientific information that is disseminated.

3. Peer Review Process

3.1 Initial Evaluation by the Editorial Board

All articles submitted to the journal Geominas on-line will be initially reviewed by the Editorial Board. The Editorial Board will evaluate the relevance of the article's topic to the scope of the journal, the quality of the writing, and the adequacy of the format to the journal's editorial standards. If the Editorial Board considers that the article meets the minimum quality criteria, it will send it to three external reviewers for their review.

3.2 Review by External Reviewers

The external reviewers will be experts in the field of study corresponding to the article and will be selected by the Editorial Board based on their experience and reputation. The reviewers will evaluate the article anonymously and

barreira financeira, legal ou técnica.

2. Objetivo

A presente política tem como objetivo estabelecer as diretrizes gerais que regerão o processo de revisão por pares dos artigos enviados à revista Geominas on-line. O objetivo principal da revisão por pares é garantir a qualidade, a originalidade e a relevância dos artigos publicados na revista, contribuindo para manter a integridade e a confiabilidade da informação científica que se difunde.

3. Processo de revisão por pares

3.1 Avaliação inicial pelo Conselho Editorial

Todos os artigos enviados à revista Geominas on-line serão revisados inicialmente pelo Conselho Editorial. O Conselho Editorial avaliará a pertinência do tema do artigo para o escopo da revista, a qualidade da escrita e a adequação do formato às normas editoriais da revista. Se o Conselho Editorial considerar que o artigo atende aos critérios mínimos de qualidade, o enviará a três árbitros externos para sua revisão.

3.2 Revisão por árbitros externos

Os árbitros externos serão especialistas na área de estudo correspondente ao artigo e serão selecionados pelo Conselho Editorial com base em sua ex-

periencia y reputación. Los árbitros evaluarán el artículo de forma anónima y proporcionarán al Consejo Editorial una evaluación detallada que incluirá:
Originalidad e importancia del tema
Corrección metodológica
Claridad y precisión de la escritura
Relevancia de los resultados y conclusiones
Aporte del artículo al conocimiento científico

3.3 Decisión editorial

El Consejo Editorial tomará una decisión sobre la publicación del artículo en base a las evaluaciones de los árbitros externos. Si el artículo recibe la aprobación de al menos dos de los tres árbitros, el Consejo Editorial comunicará al autor o autores que su artículo será publicado y le informará la fecha estimada de publicación. En caso de que el artículo no reciba la aprobación de al menos dos de los tres árbitros, el Consejo Editorial comunicará al autor o autores la decisión de no publicar el artículo y le proporcionará una explicación detallada de los motivos de la decisión.

4. Confidencialidad

El proceso de revisión por pares se llevará a cabo de forma confidencial. Los autores no conocerán la identidad de los árbitros, ni los árbitros conocerán la identidad de los autores. El Consejo Editorial se encargará de mantener la confidencialidad de toda la información relacionada

provide the Editorial Board with a detailed evaluation that will include:
Originality and importance of the topic
Methodological correctness
Clarity and accuracy of writing
Relevance of results and conclusions
Contribution of the article to scientific knowledge

3.3 Editorial Decision

The Editorial Board will make a decision on the publication of the article based on the evaluations of the external reviewers. If the article receives the approval of at least two of the three reviewers, the Editorial Board will notify the author or authors that their article will be published and will inform them of the estimated publication date. If the article does not receive the approval of at least two of the three reviewers, the Editorial Board will notify the author or authors of the decision not to publish the article and will provide a detailed explanation of the reasons for the decision.

4. Confidentiality

The peer review process will be carried out confidentially. The authors will not know the identity of the reviewers, nor will the reviewers know the identity of the authors. The Editorial Board will be responsible for maintaining the confidentiality of all information related to the peer review process.

periência e reputação. Os árbitros avaliarão o artigo de forma anônima e fornecerão ao Conselho Editorial uma avaliação detalhada que incluirá:
Originalidade e importância do tema
Correção metodológica
Clareza e precisão da escrita
Relevância dos resultados e conclusões
Contribuição do artigo para o conhecimento científico

3.3 Decisão editorial

O Conselho Editorial tomará uma decisão sobre a publicação do artigo com base nas avaliações dos árbitros externos. Se o artigo receber a aprovação de pelo menos dois dos três árbitros, o Conselho Editorial comunicará ao autor ou autores que seu artigo será publicado e informará a data estimada de publicação. Caso o artigo não receba a aprovação de pelo menos dois dos três árbitros, o Conselho Editorial comunicará ao autor ou autores a decisão de não publicar o artigo e fornecerá uma explicação detalhada dos motivos da decisão.

4. Confidencialidade

O processo de revisão por pares será realizado de forma confidencial. Os autores não conhecerão a identidade dos árbitros, nem os árbitros conhecerão a identidade dos autores. O Conselho Editorial se encarregará de manter a confidencialidade de todas as informações rela-

con el proceso de revisión por pares.

5. Apelaciones

Los autores que no estén de acuerdo con la decisión del Consejo Editorial de no publicar su artículo podrán presentar una apelación por escrito. La apelación debe ser enviada al Consejo Editorial dentro de los 30 días posteriores a la recepción de la notificación de la decisión. El Consejo Editorial revisará la apelación y tomará una decisión final sobre la publicación del artículo.

6. Criterios de selección de árbitros

Los árbitros externos serán seleccionados en base a los siguientes criterios:
Experiencia y reputación en el campo de estudio correspondiente al artículo
Conocimiento de las normas editoriales de la revista Geominas on-line
Disponibilidad para realizar la revisión dentro del plazo establecido

7. Responsabilidades de los árbitros

Los árbitros externos tendrán las siguientes responsabilidades:
Revisar el artículo de forma anónima y proporcionar al Consejo Editorial una evaluación detallada que incluya los aspectos mencionados en el apartado 3.2.
Mantener la confidencialidad de toda la información relacionada con el proceso de revisión por pares.
Comunicar al Consejo Editorial cualquier conflicto de intereses que pueda tener

5. Appeals

Authors who disagree with the Editorial Board's decision not to publish their article may appeal in writing. The appeal must be sent to the Editorial Board within 30 days of receiving notification of the decision. The Editorial Board will review the appeal and make a final decision on the publication of the article.

6. Referee Selection Criteria

External referees will be selected based on the following criteria:
Experience and reputation in the field of study corresponding to the article
Knowledge of the editorial standards of the journal Geominas on-line
Availability to carry out the review within the established timeframe

7. Responsibilities of Reviewers

External reviewers will have the following responsibilities:
Review the article anonymously and provide the Editorial Board with a detailed evaluation that includes the aspects mentioned in paragraph 3.2.
Maintain the confidentiality of all information related to the peer review process.
Notify the Editorial Board of any conflict of interest they may have with the author or authors of the article.

cionadas ao processo de revisão por pares.

5. Apelações

Os autores que não concordarem com a decisão do Conselho Editorial de não publicar seu artigo poderão apresentar um recurso por escrito. O recurso deve ser enviado ao Conselho Editorial no prazo de 30 dias após o recebimento da notificação da decisão. O Conselho Editorial revisará o recurso e tomará uma decisão final sobre a publicação do artigo.

6. Critérios de seleção de árbitros

Os árbitros externos serão selecionados com base nos seguintes critérios:
Experiência e reputação na área de estudo correspondente ao artigo
Conhecimento das normas editoriais da revista Geominas on-line
Disponibilidade para realizar a revisão dentro do prazo estabelecido

7. Responsabilidades dos árbitros

Os árbitros externos terão as seguintes responsabilidades:
Revisar o artigo de forma anônima e fornecer ao Conselho Editorial uma avaliação detalhada que inclua os aspectos mencionados no parágrafo 3.2.
Manter a confidencialidade de todas as informações relacionadas ao processo de revisão por pares.
Comunicar ao Conselho Editorial qualquer conflito

con el autor o autores del artículo.

8. Agradecimientos

El Consejo Editorial de la revista Geominas on-line agradece a los árbitros externos por su colaboración en el proceso de revisión por pares. Su contribución es fundamental para garantizar la calidad y la integridad de la información científica que se publica en la revista.

9. Contacto

Para cualquier pregunta o comentario sobre la política de revisión por pares de la revista Geominas on-line, por favor contactenos

8. Acknowledgments

The Editorial Board of the journal Geominas on-line thanks the external reviewers for their collaboration in the peer review process. Their contribution is essential to ensure the quality and integrity of the scientific information that is published in the journal.

9. Contact

For any questions or comments about the peer review policy of the journal Geominas on-line, please contact us.

8. Agradecimentos

O Conselho Editorial da revista Geominas on-line agradece aos árbitros externos por sua colaboração no processo de revisão por pares. Sua contribuição é fundamental para garantir a qualidade e a integridade da informação científica que se publica na revista.

9. Contato

Para qualquer dúvida ou comentário sobre a política de revisão por pares da revista Geominas on-line, por favor, entre em contatenos.

Arbitration items of received papers
Items de arbitraje de los trabajos recibidos
Items de arbitragem dos trabalhos recebidos

Título: ¿Incluye información de lo que trata el artículo? ¿Su longitud es apropiada?
Resumen: ¿Es éste una representación concisa del artículo? ¿Tiene el formato adecuado? ¿Presenta el objetivo general, la metodología principal, el resultado principal y la conclusión más relevante? ¿Su extensión es apropiada (máximo 250 palabras)?
Palabras clave: ¿Son adecuadas al artículo?
Introducción: ¿Presenta una descripción del tema central? ¿Establece claramente los objetivos del trabajo?
Metodología: ¿Opina Ud. que los métodos empleados son claramente descritos? ¿Opina Ud. que el diseño experimental y los métodos son los más apropiados para alcanzar los objetivos? ¿Cree Ud. que es posible duplicar la investigación con los elementos expuestos en esta sección? ¿Son apropiados los

Title: Does it include information about what the article is about? Is the length appropriate?
Abstract: Is this a concise representation of the article? Does it the right format? Does it contain the general objective, the main methodology, the main result and the most important conclusion? Does its extension appropriate (maximum 250 words)?
Keywords: Are they adequate to the article?
Introduction: Does it present a description of the main theme? Does it clearly sets out the objectives of the work?
Methodology: Do you think the methods used are clearly described? Do you think the experimental design and methods are most appropriate for achieve the objectives? Do you believe it is possible duplicate research with the elements outlined in this sec-

Título: ¿Inclui informação do que trata o artigo? ¿Sua longitude é apropriada?
Resumo: ¿É este uma representação concisa do artigo? ¿Tem o formato adequado? ¿Apresenta o objetivo geral, a metodologia principal, o resultado principal e a conclusão mais relevante? ¿Sua extensão é apropriada (máximo 250 palavras)?
Palabras-chave: ¿São adequadas ao artigo?
Introdução: ¿Apresenta uma descrição do tema central? ¿Estabelece claramente os objetivos do trabalho?
Metodologia: ¿Opina você que os métodos empregados são claramente descritos? ¿Opina você que o desenho experimental e os métodos são os mais apropriados para atingir os objetivos? ¿Crê você que é possível duplicar a investigação com os elementos expostos nesta seção? ¿São apropriados os métodos

métodos estadísticos utilizados?
Resultados: ¿A su juicio los resultados son presentados de manera adecuada y coherente? ¿Opina Ud. que los resultados expuestos están relacionados con los objetivos planteados?
Discusión: ¿Opina Ud. que existen errores de interpretación de los datos presentados? ¿Considera Ud. que es relevante toda la discusión? ¿Hay aspectos importantes de los resultados que no son discutidos? ¿Se repite información de la sección de resultados? ¿Se hacen afirmaciones no sustentadas por los datos u otros autores?
Conclusiones: ¿Observó Ud. Que las conclusiones, parcialmente o totalmente, son repetición de los resultados? ¿Están relacionadas las conclusiones con los objetivos expuestos? ¿Están las conclusiones basadas en los resultados de este trabajo?
Referencias bibliográficas: ¿Existe correspondencia entre las citas y las referencias? ¿Cumplen estas referencias con lo pautado en las normas para los autores?
Tablas: ¿Son todas necesarias? ¿Duplican información expuesta en el texto o en gráficos? ¿Puede alguna de ellas ser transformadas en figuras para resumir o facilitar la comprensión de los datos? ¿Están éstas demasiado recargadas de información? ¿Son los encabezados una buena descripción de ellas?
Figuras: ¿Son todas necesarias? ¿Duplican información expuesta en el texto o en tablas? ¿Son legibles claramente? ¿Aportan información relevante para la presentación de los resultados? ¿Son sus títulos una buena descripción de ellas?
Extensión del artículo: ¿Puede éste ser acortado sin perder calidad o información relevante?
Pertinencia: ¿Es un trabajo inédito? ¿Representa el artículo un aporte al conocimiento científico? ¿En su opinión es el tema adecuado para la revista GEOMINAS?
Calidad: ¿En general, el estilo de esta contribución tiene calidad para ser publicado? ¿Pudiera mejorarse el manuscrito en alguna forma?
Veredicto: El trabajo revisado es: Publicable sin modificaciones; publicable una vez se hayan realizado las correcciones; no publicable.

tion? Are the statistical methods used appropriate?
Results: In your opinion the results are presented in an appropriate and consistent manner? Do you think the results presented are related to the objectives?
Discussion: Do you think there are errors of interpretation of the data presented? Do you think whole discussion is relevant? Are there important aspects of the results that are not discussed? Is information of the results section repeated? Assertions not supported by data are made?
Conclusions: Did you notice that conclusions, partially or totally, are repeating the results? Are related the conclusions with the objectives? Are the conclusions based on the results of this work?
References: Is there correspondence between citations and references? Are these references agreed with what was stated in the rules for authors?
Tables: Are all of they necessary? Are they duplicating information presented in the text or graphics? Can any of them be transformed into figures to summarize or facilitate understanding of the data? Are these too overloaded with information? Are headers a good description of them?
Figures: Are all of they necessary? Are they duplicating information presented in the text or tables? Are they clearly legible? Do they provide relevant information to the presentation of the results? Are your titles a good description of them?
Article extension: Can it be shortened without losing quality or relevant information?
Relevance: Is an unpublished work? Does the article represent a contribution to scientific knowledge? In your opinion, is the right theme for GEOMINAS magazine?
Quality: In general, does the style of this contribution have quality to be published? Could the wording be improved in any way?
Verdict: The revised work is: Publishable without modifications; publishable once corrections have been made; not publishable.

estatísticos utilizados?
Resultados: ¿A seu julgamento os resultados são apresentados de maneira adequada e coerente? ¿Opina você que os resultados expostos estão relacionados com os objetivos propostos?
Discussão: ¿Opina você que existem erros de interpretação dos dados apresentados? ¿Considera você que é relevante toda a discussão? ¿Há aspectos importantes dos resultados que não são discutidos? ¿Repete-se informação da seção de resultados? ¿Fazem-se afirmações não sustentadas pelos dados?
Conclusões: ¿Observou você Que as conclusões, parcialmente ou totalmente, são repetição dos resultados? ¿Estão relacionadas as conclusões com os objetivos expostos? ¿Estão as conclusões baseadas nos resultados deste trabalho?
Referências bibliográficas: ¿Existe correspondência entre cita-as e as referências? ¿Cumprem estas referências com o pautado nas normas para os autores?
Tabelas: ¿São todas necessárias? ¿Duplicam informação exposta no texto ou em gráficos? ¿Pode alguma delas ser transformada em figuras para resumir ou facilitar o entendimento dos dados? ¿Estão estas demasiado recarregadas de informação? ¿São os encabeçados uma boa descrição delas?
Figuras: ¿São todas necessárias? ¿Duplicam informação exposta no texto ou em tabelas? ¿São legíveis claramente? ¿Contribuem informação relevante para a apresentação dos resultados? ¿São seus títulos uma boa descrição delas?
Extensão do artigo: ¿Pode este ser encurtado sem perder qualidade ou informação relevante?
Pertinência: ¿É um trabalho inédito? ¿Represente o artigo um contribua ao conhecimento científico? ¿Em sua opinião é o tema adequado para a revista GEOMINAS?
Qualidade: ¿Em general, o estilo desta contribuição tem qualidade para ser publicado? ¿Pudesse ser melhorada a redação em alguma forma?
Veredicto: O trabalho revisado é: Publicável sem modificações; publicável uma vez tenham-se realizado as correções; não publicável.

FUNDA GEOMINAS

Fundación de Amigos y Egresados de la Escuela de Geología y Minas

Consultorías y asesorías en las geociencias, ambiente y recursos naturales en general.

Exploraciones geológicas.

Estudios de suelos.

Determinación de reservas.

Estudios ambientales.

Diseños de minas y planes de explotación.

Análisis de laboratorio.

Diseños de perforación y voladura.

Gerencia de proyectos mineros.

Estudios de factibilidad técnico-económicos.

Nuestro propósito: Recursos y servicios

fundageominas@gmail.com

Imagenes de Pixabay

INTER ROCK
When Integration is the Answer

Inter-Rock ofrece los siguientes servicios:

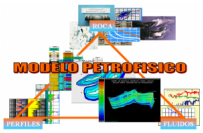
1. Generación y control de calidad de base de datos para proyectos multidisciplinarios.

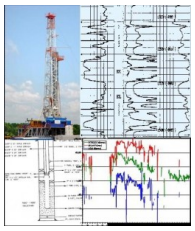
2. Caracterización de yacimientos y evaluación de prospectos.

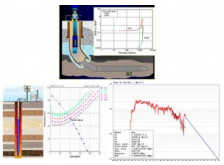
3. Asesoría y monitoreo de proyectos integrados

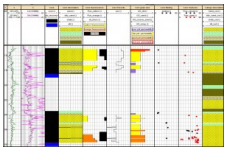
4. Adiestramiento y transferencia de conocimientos.

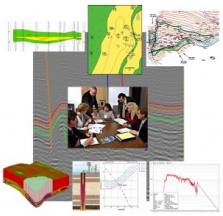
5. Seguimiento Operacional.

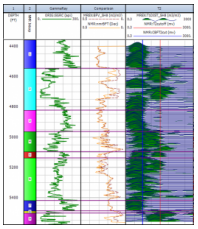


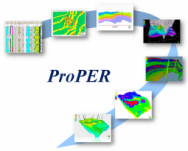


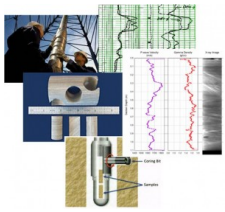












Nuestros clientes

Contáctenos

Teléfonos
+58 (281) 287. 7605; +58 (412) 875. 2288;
+58 (424) 869. 8554
+1 (281) 725. 3935
+57 (300) 479. 0638
(+54) 11 4381 9376

Países
Venezuela

Estados Unidos de América
Colombia
Argentina

e-mail: master@inter-rock-ca.com

Cueva Quebrada El Toro

Municipio Unión - Estado Falcón

Venezuela

Registrada en: EBSCO; Latindex; MIAR; Biblat; Scholar Google; Revencyt; Fonacit; Periódica; CrossRef DOI